

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**VALIDACIÓN DE ALTERNATIVA MÁS RENTABLE DEL MODELO DE  
VALORIZACIÓN DE SISTEMA DE TRANSPORTE MINA PARA RENOVACIÓN DE  
CONTRATO MARC**

Trabajo de Titulación para optar al Título  
Profesional de Ingeniería de Ejecución en  
MECÁNICA DE PROCESOS Y  
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

Alumno:

Jairo Antonio Andrés Ossandón Flores

Profesor Guía:

Ing. Félix Pizarro Martínez

Profesional Correferente:

Ing. Eduardo Gajardo López

**2016**

## **DEDICATORIA**

“Más que una dedicatoria un gran agradecimiento.”

En el marco de haber terminado este trabajo satisfactoriamente, agradezco primeramente a Dios por permitirme vivir este momento y ser mi fortaleza y ayudador siempre.

Agradezco a mi familia, a mis padres que siempre me apoyaron en mis decisiones y supieron darme la libertad de escoger lo mejor para mí, a mis hermanos por ser los mejores y por el esfuerzo que han dedicado cada uno de ellos en llevar a nuestra familia adelante y valorar el sacrificio que nuestros papás han hecho por nosotros.

A mi novia Keyla por estar siempre a mi lado, por amarme y acompañarme desde el principio en este viaje y que seguirá; sin ti me habría rendido hace mucho, gracias por ser mi apoyo idóneo en todo momento.

Agradezco a Eduardo Gajardo que me dio la posibilidad de realizar este trabajo de título en Minera Los Pelambres y confió en mí, gracias por el tiempo y la dedicación puesta en enseñarme lo que no sabía y explicarme lo que no entendía, mi deseo es que Dios siga guiando su camino. Agradezco a Fernando Hernández y a Raúl Novoa por su apoyo, buen compañerismo e integración que mostraron hacia mí, sin duda el mejor equipo que haya podido conocer.

Y finalmente agradezco a todas las personas que intervinieron e hicieron posible la realización de este trabajo, a mi profesor guía Félix Pizarro, a Wilibaldo Lagos, Luis Lazo y a mis compañeros memoristas de MLP con los cuales formamos una linda amistad.

Gustad y ved que es bueno Jehová; dichoso el hombre que confía en Él.

Salmos 34:8

## **RESUMEN**

**Keywords:** CONTRATO MARC, MODELO DE VALORIZACIÓN, TRANSPORTE MINA, MINERA LOS PELAMBRES.

Minera Los Pelambres se considera dentro de las grandes mineras de cobre en Chile, produciendo anualmente más de 400.000 toneladas de este metal, por lo que sus procesos internos resultan ser de gran importancia a la hora de mantener elementos tales como: productividad, disponibilidad y confiabilidad de sus equipos y maquinarias. Para ello la Minera ha dispuesto externalizar a empresas especializadas gran parte de la mantención de los equipos que intervienen en su proceso productivo. Así es el caso del sistema de transporte mina, donde un total de 52 camiones mineros, son proporcionados y mantenidos por la empresa Komatsu Chile, bajo un Contrato de Servicios CPT (costo por tonelada).

A raíz de este contrato, fue necesario definir una forma de valorizar los servicios otorgados por la empresa contratista, por lo que un modelo de valorización que permita calcular los montos a pagar y reajustarlos de acuerdo a las fluctuaciones en el mercado, resulta ser la parte más importante del contrato y la que mayor susceptibilidad presenta.

Este contrato se encuentra operativo desde el año 2006 y actualmente está en su fase de renovación. Debido a esta situación y en conjunto al escenario económico del último tiempo en la industria minera, se ha generado la necesidad, por parte de la Minera, de requerir una disminución de los costos asociados a éste.

De acuerdo a los nuevos requerimientos, es necesario analizar el modelo de valorización y optimizar sus variables, donde se permita observar los diferentes escenarios que deriven en la disminución de los costos por toneladas movidas por la flota de camiones.

Para ello, se analizaron dos nuevas propuestas presentadas por la empresa prestadora de servicios en cuanto a la renovación del modelo de valorización. La primera es aumentar la vida útil del camión a 90.000 horas y modificar las tarifas del modelo de valorización, en forma de descuento y en respuesta a la disminución de los costos. La segunda alternativa es proyectar los costos asociados al contrato aplicando los mismos descuentos que la alternativa anterior, pero con una vida útil del camión igual a la actual, es decir, 60.000 horas. Para ambos casos, se proyectó el modelo de valorización conforme a las condiciones y planificación dada por la Minera, para así validar la alternativa más rentable, resultando ser la primera alternativa la más conveniente considerando algunas recomendaciones técnicas.

Finalmente al validar la mejor alternativa, se proyecta el modelo de valorización incluyendo mejoras en los periodos de ingreso y salida de la flota de camiones, con tal que esta variación de la vida útil de los camiones genere más beneficios que la propuesta original.

## **ÍNDICE**

### **RESUMEN**

### **SIGLAS Y SIMBOLOGÍA**

### **INTRODUCCIÓN**

### **OBJETIVOS**

OBJETIVO GENERAL

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

## **CAPITULO 1: ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA MINERA, ÁREA MANTENIMIENTO MINA Y ORIGEN DEL CONTRATO**

- 1.1. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA
  - 1.1.1. Propiedad de la empresa
  - 1.1.2. Ubicación de la operación
  - 1.1.3. Visión
  - 1.1.4. Producto y proceso
  - 1.1.5. Capital humano
  - 1.1.6. Organigrama empresa
- 1.2. SUPERINTENDENCIA MANTENCIÓN MINA
  - 1.2.1. Función superintendencia mantención mina
  - 1.2.2. Organigrama superintendencia mina
  - 1.2.3. Jefatura mantención transporte
- 1.3. ORIGEN DEL CONTRATO
  - 1.3.1. Alcance general del servicio
  - 1.3.2. Alcances específicos del servicio
  - 1.3.3. Flota de transporte
  - 1.3.4. Características camión minero Komatsu
  - 1.3.5. Vida útil camión minero Komatsu

## **CAPITULO 2: MODELO DE VALORIZACIÓN DEL CONTRATO DE SISTEMA DE TRANSPORTE MINA**

- 2.1. INFORMACIÓN GENERAL
  - 2.1.1. Tipos de Contrato
  - 2.1.2. Contrato de servicio de Transporte Mina en Minera Los Pelambres
- 2.2. TARIFA UNITARIA COSTO POR TONELADA (US\$/TON)
  - 2.2.1. Toneladas planificadas
  - 2.2.2. Costos totales
  - 2.2.3. Reajustabilidad y escalamiento
  - 2.2.4. ICMO
  - 2.2.5. UF
  - 2.2.6. Precio canasta repuestos camión
  - 2.2.7. Precio canasta repuestos motor diesel

- 2.2.8. Precio Acero
- 2.3. MODELO DE VALORIZACIÓN
- 2.3.1. Valor mensual de pago
- 2.4. COSTOS FIJOS
- 2.4.1. Costo capital
- 2.4.2. Costo mano de obra e infraestructura
- 2.4.3. Costo por Componentes de Soporte
- 2.4.4. Costo Seguro Contratista
- 2.4.5. Costos de Operación y Legales Consorcio
- 2.4.6. Costo Financiero Boleta de Garantía Contrato
- 2.5. COSTOS VARIABLES
- 2.5.1. Costo por repuesto y reparación de componentes
- 2.5.2. Costo por mantenimiento de tolvas
- 2.6. MODIFICACIONES REALIZADAS AL MODELO DE VALORIZACIÓN
- 2.6.1. Modificaciones año 2014
- 2.6.2. Modificaciones año 2015
- 2.7. RESUMEN CÁLCULO CPT

### **CAPITULO 3: PROPUESTAS DE RENOVACIÓN DEL MODELO DE VALORIZACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS RENTABLE**

- 3.1. OBJETIVO DE LA RENOVACIÓN DEL CONTRATO
- 3.2. PROPUESTAS DE RENOVACIÓN
- 3.2.1. Caso Base: Mantener modelo de valorización actual y vida útil de los camiones en 60.000 horas
- 3.2.2. Propuesta 1: Modificar modelo de valorización y vida útil de los camiones en 90.000 horas
- 3.2.3. Propuesta 2: Modificar modelo de valorización y vida útil de los camiones en 60.000 horas
- 3.3. PROYECCIÓN DEL MODELO DE VALORIZACIÓN
- 3.3.1. Proyección con indicadores económicos fijos
- 3.3.2. Proyección con reajustabilidad de indicadores económicos
- 3.3.3. Parámetros para proyección
- 3.3.4. Resultados de la proyección
- 3.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA
- 3.4.1. Diferencia Propuesta 1 con respecto al Caso Base
- 3.4.2. Diferencia Propuesta 2 con respecto al Caso Base
- 3.4.3. Entrada y salida de camiones
- 3.4.4. Elección de propuesta económicamente más rentable
- 3.5. EVALUACIÓN TÉCNICA
- 3.5.1. Indicadores de mantenimiento
- 3.5.2. Disponibilidad flota de camiones
- 3.5.3. MTBF flota de camiones
- 3.5.4. MTTR flota de camiones

- 3.5.5. Detenciones por sistema
- 3.5.6. Análisis de sensibilidad de exclusiones de reparación
- 3.5.7. Elección de propuesta técnica más rentable
- 3.6. VALIDACIÓN DE LA MEJOR PROPUESTA DE RENOVACIÓN
- 3.6.1. Ahorro por no inversión de camiones
- 3.7. MEJORA A LA PROPUESTA DE RENOVACIÓN DE CONTRATO MÁS RENTABLE

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

- ANEXO A: ESTRUCTURA CAMIÓN KOMATSU 930E
- ANEXO B: CANASTA DE REPUESTOS REPRESENTATIVA CAMIÓN KOMATSU
- ANEXO C: CANASTA DE REPUESTOS REPRESENTATIVOS MOTOR DIESEL QSK60
- ANEXO D: MODELO DE VALORIZACIÓN SISTEMA TRANSPORTE MINA
- ANEXO E: EJEMPLO TABLA AMORTIZACIÓN
- ANEXO F: INGRESO DE CAMIONES EN PROYECCIÓN DE PROPUESTAS
- ANEXO G: SALIDA ANTICIPADA DE CAMIONES EN PROYECCIÓN DE PROPUESTAS

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

- Figura 1-1. Ubicación Minera Los Pelambres
- Figura 1-2. Proceso productivo Minera Los Pelambres
- Figura 1-3. Organigrama Minera Los Pelambres
- Figura 1-4. Organigrama Superintendencia Mantenimiento Mina
- Figura 1-5. Camión Komatsu 930E
- Figura 2-1. Diagrama tipos de contratos
- Figura 2-2. Diagrama cálculo CPT
- Figura 3-1. Modelo ASARCO
- Figura 3-2. Esquema MTBF y MTTR
- Figura 3-3. Gráfico curva de bañera
- Figura 3-4. Alternador principal
- Figura 3-5. Suspensión delantera
- Figura 3-6. Banco de parrillas
- Figura 3-7. Blower
- Figura 3-8. Motor de Tracción

## **ÍNDICE DE TABLAS**

- Tabla 1-1. Número de trabajadores Minera Los Pelambres
- Tabla 1-2. Especificaciones camión Komatsu 930E
- Tabla 2-1. Comparación tipos de contrato
- Tabla 2-2. Tasa de costo capital por camión al inicio del contrato
- Tabla 2-3. Tarifa anual mano de obra e infraestructura
- Tabla 2-4. Tarifa anual componentes de soporte
- Tabla 2-5. Tarifas horarios costos repuestos y componentes
- Tabla 2-6. Tarifas horarias costo mantenimiento tolva
- Tabla 3-1. Nuevas tarifas bases Propuesta 1
- Tabla 3-2. Exclusiones en reparaciones de nueva propuesta
- Tabla 3-3. Tarifa base costo de repuestos y componentes aplicando descuento
- Tabla 3-4. Tarifa horaria costo componente de soporte de propuesta
- Tabla 3-5. Indicadores económicos proyección fija
- Tabla 3-6. Factores de reajuste para proyección con indicadores fijos
- Tabla 3-7. Parámetros para la proyección
- Tabla 3-8. Diferencias entre forma de proyectar
- Tabla 3-9. Proyección Caso Base
- Tabla 3-10. Proyección Propuesta 1
- Tabla 3-11. Proyección Propuesta 2
- Tabla 3-12. Diferencia Caso Base – Propuesta 1
- Tabla 3-13. Diferencia Caso Base – Propuesta 2
- Tabla 3-14. Ingreso y salida de camiones
- Tabla 3-15. Caso Base – Propuesta 1 con costo de retiro anticipado
- Tabla 3-16. Diferencia costo de repuestos y componentes
- Tabla 3-17. Resumen parámetros de confiabilidad
- Tabla 3-18. Cantidad de probables fallas críticas por componente
- Tabla 3-19. TBOs y precios de componentes excluidos
- Tabla 3-20. Costos por escenario de sensibilidad
- Tabla 3-21. Diferencia Propuesta 2 – Propuesta 1 con costo por repuestos excluidos
- Tabla 3-22. Diferencia Caso Base – Propuesta 1 escenarios posibles
- Tabla 3-23. Ahorro por no inversión
- Tabla 3-24. Diferencia Propuesta 1 – Propuesta Mejorada
- Tabla 3-25. Número de mantenciones propuesta mejorada
- Tabla 3-26. Ingreso de camiones propuesta mejorada
- Tabla 3-27. Costo mantenimiento en función del ahorro

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

- Gráfico 1-1. Número de camiones por año
- Gráfico 2-1. Tarifa costo por tonelada
- Gráfico 2-2. Toneladas de material mina planificadas
- Gráfico 2-3. Costos totales históricos del contrato
- Gráfico 2-4. Valores ICMO históricos del contrato
- Gráfico 2-5. Valores UF históricos del contrato
- Gráfico 2-6. Precio canasta de repuestos camión Komatsu
- Gráfico 2-7. Precio canasta de repuestos motor diesel
- Gráfico 2-8. Distribución costos fijos y variables (2006-2014)
- Gráfico 2-9. Costo capital histórico del contrato
- Gráfico 2-10. Gráfico variación Interés Spread
- Gráfico 2-11. Tasa Libor Trimestral
- Gráfico 2-12. Costos mano de obra históricos del contrato
- Gráfico 2-13. Variación tarifa mano de obra histórica del contrato
- Gráfico 2-14. Costos componente de soporte históricos del contrato
- Gráfico 2-15. Costos repuestos y componentes de soporte históricos del contrato
- Gráfico 2-16. Variación factor reajuste de tarifa repuestos y componentes histórica del contrato
- Gráfico 2-17. Costos mantenimiento tolvas históricos del contrato
- Gráfico 2-18. Variación factor reajuste de tarifa mantenimiento tolva histórica del contrato
- Gráfico 2-19. Distribución costos CPT 2006-2014
- Gráfico 3-1. Diferencia tarifa de repuestos y componentes Caso Base y Propuesta 1
- Gráfico 3-2. Descuentos Propuesta 1
- Gráfico 3-3. Factores de reajuste proyectados
- Gráfico 3-4. Parámetros para la proyección
- Gráfico 3-5. Proyección sin reajustabilidad
- Gráfico 3-6. Proyección con reajustabilidad
- Gráfico 3-7. Ingreso camiones por año
- Gráfico 3-8. Salida anticipada camiones por año
- Gráfico 3-9. Diferencia costo capital anual
- Gráfico 3-10. Diferencia costo de repuestos y componentes anual
- Gráfico 3-11. Indisponibilidad camiones 930E-3
- Gráfico 3-12. Indisponibilidad camiones 930E-4
- Gráfico 3-13. Indisponibilidad camiones 930E-4 Nuevos
- Gráfico 3-14. MTBF camiones 930E-3
- Gráfico 3-15. MTBF camiones 930E-4
- Gráfico 3-16. MTTR camiones 930E-3
- Gráfico 3-17. MTTR camiones 930E-4
- Gráfico 3-18. Responsables detención imprevista

Gráfico 3-19. Detenciones por sistema del camión

Gráfico 3-20. Cantidad de fallas y fallas críticas probables en componente excluidos

## **SIGLAS Y SIMBOLOGÍA**

### **SIGLA**

ASARCO	:	American Smelting and Refining Company
CL\$	:	Pesos Chilenos
CPT	:	Costo por Tonelada
ICMO	:	Índice de Costo de Mano de Obra
INE	:	Instituto Nacional de Normalización de Chile
IPC	:	Índice de Precios al Consumidor
KPI	:	Key Performance Indicator
MARC	:	Maintenance And Repair Contract
MLP	:	Minera Los Pelambres
MTBF	:	Tiempo medio entre fallas
MTTR	:	Tiempo medio de reparación
PPI	:	Índice de Precios al Productor
TBO	:	Tiempo entre "Overhaul"
UF	:	Unidad de Fomento
US\$	:	Dólares Americanos
%	:	Porcentaje
$\Sigma$	:	Sumatoria

### **SIMBOLOGÍA**

hr	:	Hora
km	:	Kilometro
m	:	Metro
mm	:	Milímetro
tm	:	Tonelada métrica
US\$/tm	:	Dólares americanos por tonelada métrica
US\$/hr	:	Dólares americanos por hora

## **INTRODUCCIÓN**

Desde que Minera Los Pelambres inició el proceso de extracción de mineral de cobre, a mediados del año 1998 en la comuna de Salamanca, IV región, ha tenido que recurrir a la implementación de maquinaria y equipos especializados para cumplir con las metas de producción. Uno de los grandes retos era transportar, de manera rápida y eficiente, el mineral extraído desde el yacimiento hasta el primer punto de reducción de tamaño del mineral, el chancado. Para ello, la Minera ha tenido que optar por contratar servicios de transporte mina a empresas profesionales del área.

Estos tipos de contrato de servicios se denominan de modalidad Marc, "Maintenance And Repair Contract", cuya finalidad es permitir que el proveedor de equipos se haga cargo del proceso de mantenimiento, por medio de especialistas en esta materia. Así la Minera logra crear un enlace estratégico con Komatsu Chile, proveedor de camiones mineros y experto en el mantenimiento de éstos, para desarrollar los servicios de transporte mina. Al inicio de este contrato la modalidad para valorizarlo era por medio de una tarifa utilizada en la mayor parte de las grandes mineras nacionales, de dólares por hora (US\$/hr), de acuerdo a las horas operacionales de los equipos, más un costo de mano de obra e infraestructura fija. Con el objetivo de disminuir los costos fijos y hacer variable el monto a pagar, de acuerdo a la producción realizada por la Minera, en el año 2006 se modifica el contrato con Komatsu Chile, pasando a ser con una modalidad de pago denominada "Costo por Tonelada", valorizada en dólares por toneladas métricas transportadas (US\$/tm), para así lograr integrar a la empresa colaboradora en una alianza estratégica, en donde el cumplimiento del plan minero, objeto que determina el cálculo del costo por tonelada, fuese de interés mutuo.

Actualmente debido al escenario económico de la industria minera se hace necesario nuevamente evaluar una modificación a este contrato, por lo que el objetivo principal de este estudio es analizar las propuestas presentadas por la empresa contratista, cuya intervención tienen incidencia en el modelo de valorización, y así proyectar y determinar la alternativa más rentable que permita garantizar confiabilidad en los equipos, y a su vez disminuir los costos asociados a este contrato por medio de un análisis económico de las propuestas y un análisis técnico al camión, producto del aumento de vida útil generada por una de las alternativas.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Validar propuestas presentadas por Komatsu Chile para la renovación del contrato de sistema de transporte mina entre Minera Los Pelambres y Komatsu Chile determinando la de mayor rentabilidad para la Minera.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Contextualizar el desarrollo de la empresa minera, el área de sistema de transporte mina y sus funciones, y su relación con el tema a tratar.
- Identificar y reconocer el modelo actual de valorización del contrato de sistema de transporte mina y cada uno de sus componentes.
- Identificar y proyectar económicamente las propuestas de renovación del modelo de valorización, considerando las condiciones y planificación de la explotación del yacimiento presentadas por la Minera.
- Validar las alternativas expuestas por la empresa contratista que modifican el modelo de valorización, determinando la de mayor rentabilidad para la minera, en el marco de la renovación del contrato del sistema de transporte mina.
- Proponer mejoras en la alternativa de mayor rentabilidad para la minera, considerando los periodos de ingreso y término de la vida útil de la flota de camiones.

**CAPITULO 1: ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA MINERA,**  
**ÁREA MANTENIMIENTO MINA Y ORIGEN DEL CONTRATO**

## **1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA MINERA, ÁREA MANTENIMIENTO MINA Y ORIGEN DEL CONTRATO**

### **1.1. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA**

Minera Los Pelambres es una empresa minera de Antofagasta Minerals, grupo minero chileno dedicado a la explotación y producción de concentrado de cobre y molibdeno para sus clientes, principalmente fundiciones en Asia y Europa.

La compañía opera desde fines de 1999 en la provincia de Choapa en la región de Coquimbo con una capacidad de procesamiento de 210.000 toneladas promedio diarias de mineral. Los Pelambres ocupa el sexto lugar en producción a nivel nacional y es el séptimo productor de cobre a nivel mundial en 2013.

#### **1.1.1. Propiedad de la empresa**

Minera Los Pelambres pertenece en un 60% a Antofagasta Minerals, y el restante 40% es propiedad del Grupo Mitsubishi, consorcio japonés integrado por Nippon LP Investment, Marubeni & Mitsubishi LP Holding BV.

##### **1.1.1.1. Antofagasta Minerals**

Antofagasta Minerals corresponde a la filial minera de Antofagasta PLC, sociedad anónima abierta que se cotiza en la Bolsa de Valores de Londres y es parte del índice FTSE100, el cual clasifica a las compañías con mayor capitalización bursátil.

El centro corporativo de la división minera tiene sus oficinas principales en Santiago de Chile. En 2013, sus operaciones produjeron 721.200 toneladas en concentrado y cátodos de cobre; además de 9.000 toneladas de concentrado de molibdeno y 293.800 onzas de oro.

A inicios de 2015 cuenta con cuatro operaciones mineras en Chile: Michilla, El Tesoros, Esperanza y Los Pelambres, siendo ésta última la de mayor producción.

#### **1.1.2. Ubicación de la operación**

El yacimiento de Los Pelambres se ubica en la comuna de Salamanca, Provincia del Choapa, IV Región, en plena cordillera de Los Andes y muy próximo a la frontera con Argentina, y su puerto se sitúa en la comuna de Los Vilos, en el sector de Punta Chungo, todo esto a unos 200 kilómetros en línea recta al norte de la ciudad de Santiago (figura 1-1). Las instalaciones de la compañía recorren 120 kilómetros de cordillera a mar, en un entorno donde coexisten más de 40 comunidades y 84.000 habitantes, quienes desarrollan tradicionales actividades económicas como: agricultura, ganadería de subsistencia, pesca y minería artesanal.



Fuente: Reporte de Sustentabilidad Minera Los Pelambres 2013

Figura 1-1. Ubicación Minera Los Pelambres

### 1.1.3. Visión

Minera Los Pelambres tiene como visión ser una empresa productora de cobre y derivados de alta rentabilidad, con una reconocida reputación de excelencia operacional y confiabilidad, proactiva e innovadora en los ámbitos económico, social y ambiental, y ser percibida como un socio estratégico en el desarrollo de la región de Coquimbo.

### 1.1.4. Producto y proceso

Mediante el método de explotación a rajo abierto y un proceso de flotación (figura 1-2), la empresa produce concentrado de cobre, que contiene porcentajes menores de oro y plata, el que vende principalmente a fundiciones de Asia y Europa. Adicionalmente, la empresa produce concentrado de molibdeno.

Minera Los Pelambres inició su operación en el año 2000. Actualmente cuenta con capacidad para procesar un promedio anual de 175 mil toneladas diarias de mineral, con un máximo de 210 mil toneladas diarias. En 2013, su producción alcanzó a 405.300 toneladas de cobre, los que representa el 56% del total de producción del grupo de Antofagasta Minerals.

La empresa se encuentra dividida en 3 sectores principales, detallados a continuación:

- EL primer sector es de explotación, este se encuentra localizado a 45 Km al este de la ciudad de Salamanca, en la IV región, y solo a 1000 metros de la frontera geográfica entre Chile y Argentina. A una altura de entre 3100 y 3600 metros sobre el nivel del mar se extrae el mineral, de la mina a rajo abierto, utilizando los procesos de perforación y tronadura, y es transportado al chancado por medio de una flota de camiones mineros y cargadores de alto tonelaje. Luego una correa transportadora de más de 12 km de largo transporta el mineral al siguiente sector.
- El segundo es la planta de concentrados, ubicado a 1600 metros sobre el nivel del mar y procesa un promedio de 210 mil kilo toneladas por día. Aquí el mineral transportado desde el chancado es triturado por los molinos hasta alcanzar el tamaño de liberación de las partículas de cobre. Le sucede el proceso de flotación, en donde al mineral de cobre sulfurado se le agrega agua, reactivos, aire y es agitado para hacerlo burbujear, consiguiendo el arrastre a la superficie del mineral que se convertirá en concentrado de cobre para ser enviado por un ducto a Puerto.
- El tercer y último es el Puerto Punta Chungo, ubicado en la ciudad de Los Vilos. El concentrado de cobre viaja a través de un ducto de 120 kilómetros, desde cordillera a mar, donde finalmente se embarca, con un promedio de 6 barcos mensuales, para su comercialización a distintos puntos del mundo.

#### 1.1.5. Capital humano

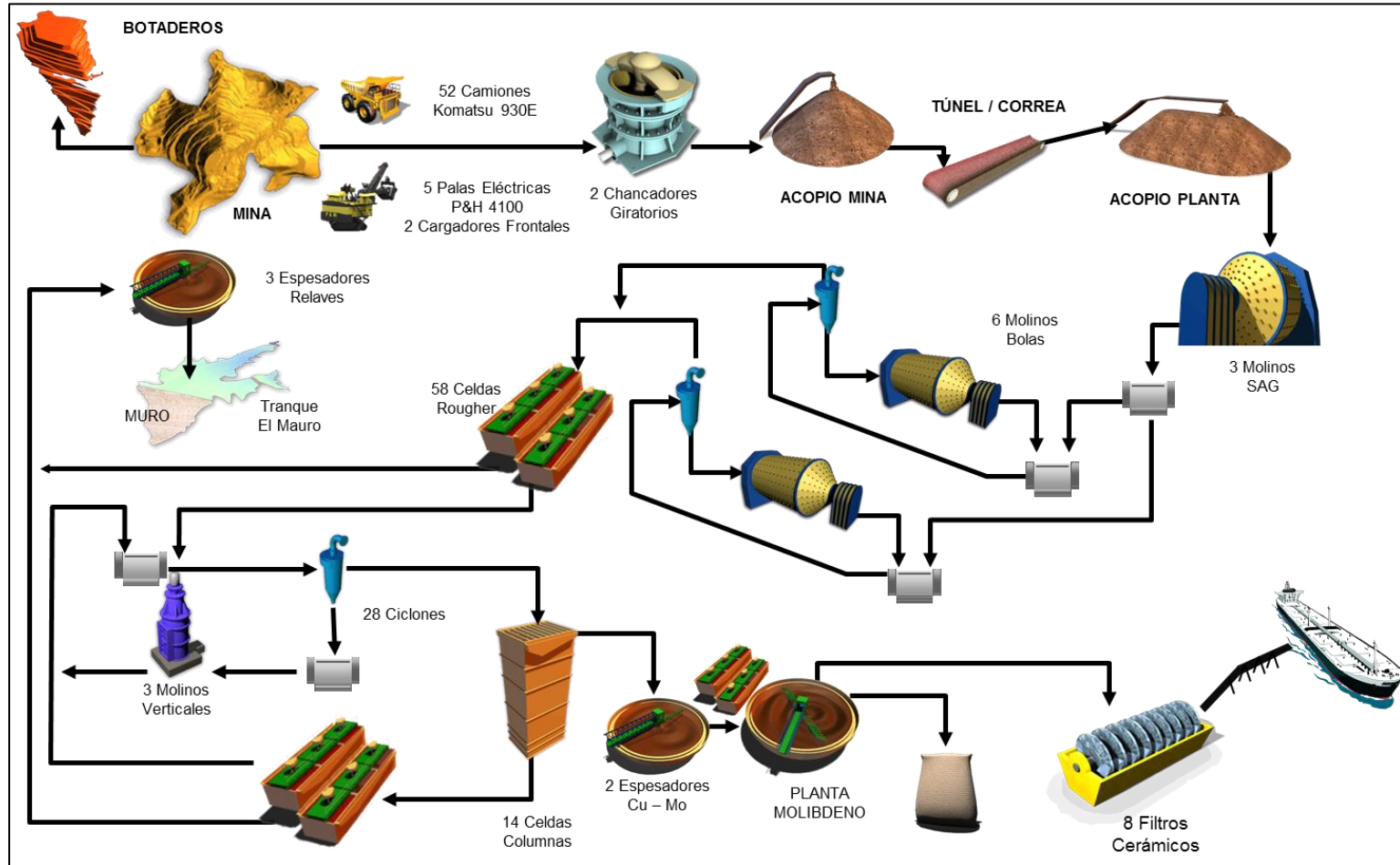
En las operaciones de Minera Los Pelambres se desempeñan alrededor de 6.000 personas de manera directa, entre trabajadores de la propia compañía y colaboradores de empresas contratistas.

En consecuencia, considerando el total de trabajo indirecto que crea la Región de Coquimbo, la compañía genera alrededor de 9.000 puestos de trabajo (tabla 1-1) equivalente al 2,8% del empleo regional.

Tabla 1-1. Número de trabajadores Minera Los Pelambres

Minera Los Pelambres	Trabajadores
Compañía	919
Colaboradores	4.922
<b>Total</b>	<b>5.841</b>

Fuente: Reporte de Sustentabilidad Minera Los Pelambres 2013

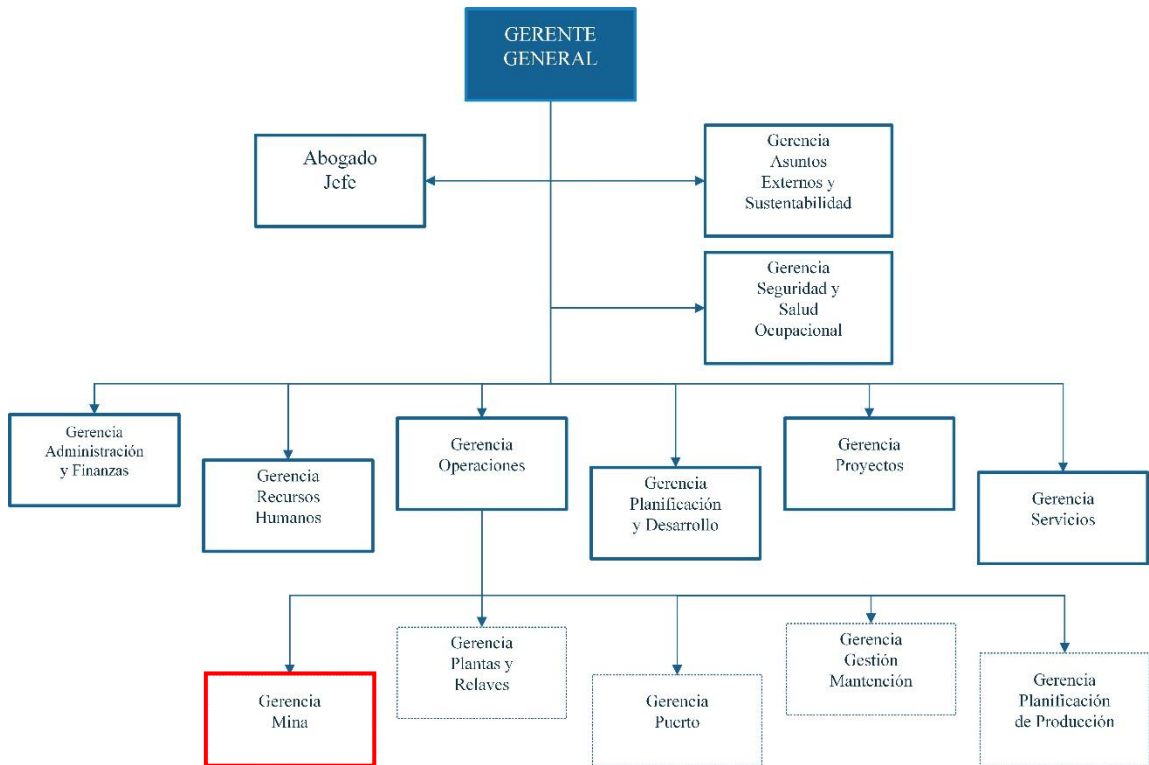


Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Figura 1-2. Proceso productivo Minera Los Pelambres

### 1.1.6. Organigrama empresa

El organigrama de la empresa está distribuido conforme a la figura 1-3. Este trabajo se centra dentro de la Gerencia Mina, encargada de velar por la correcta operación y mantenimiento de todos los equipos mina. Esta gerencia depende de la Gerencia de Operaciones y ésta su vez depende del Gerente General.



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Figura 1-3. Organigrama Minera Los Pelambres

### 1.2. **SUPERINTENDENCIA MANTENCIÓN MINA**

Dentro de Gerencia Mina de Minera Los Pelambres se ubican tres superintendencias, las cuales corresponden a:

- Superintendencia Perforación y Chancado
- Superintendencia Operaciones Mina
- Superintendencia Mantenimiento Mina

El desarrollo de este trabajo se centra en la Superintendencia Mantenimiento Mina, donde se encuentra el área de Mantenimiento Transporte, esta área es la responsable del contrato y modelo de valorización que se analizará.

### 1.2.1. Función superintendencia mantención mina

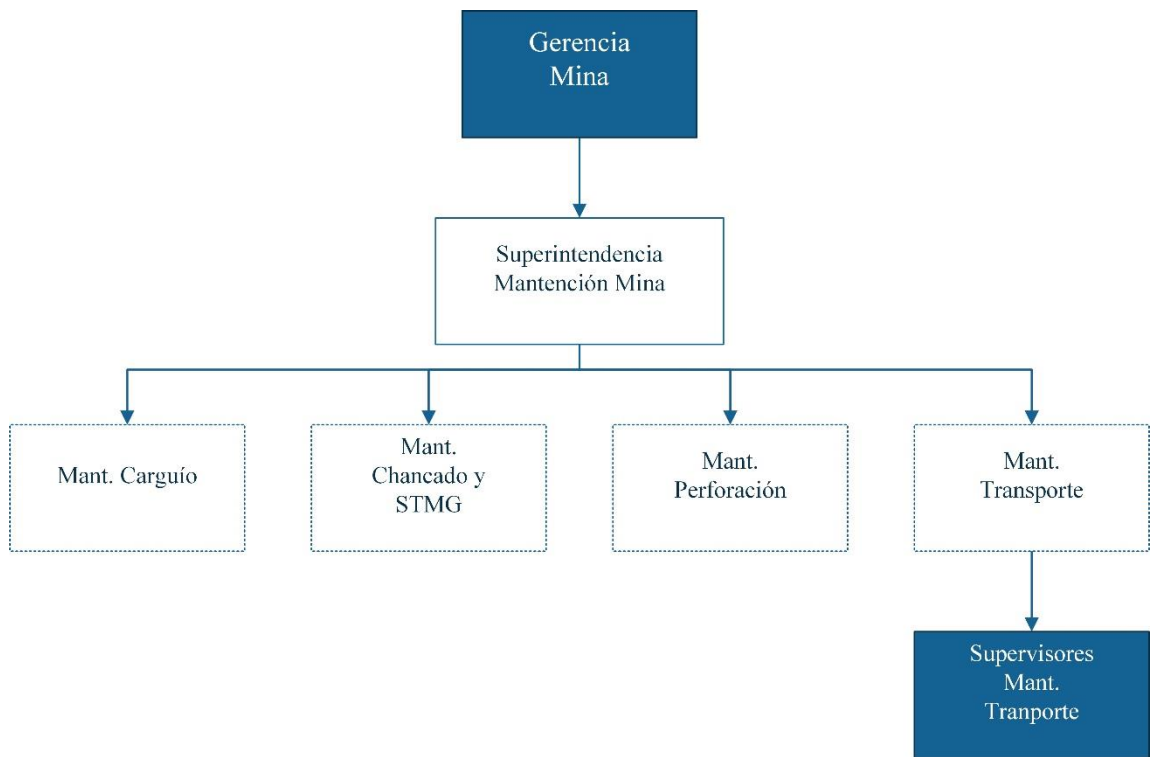
La Superintendencia Mantención Mina se responsabiliza en velar por el correcto mantenimiento de los equipos utilizados en el proceso de perforación, carguío, transporte y chancado del mineral, con el objetivo de dar cumplimiento a los planes de producción de acuerdo a los estándares de calidad, cantidad y sustentabilidad definidos por la Compañía. Para ello se divide en 4 áreas, lideradas por un jefe y dos supervisores, los cuales supervisan el trabajo realizado por las empresas contratistas especialistas en el mantenimiento de los equipos de sus áreas.

Los equipos utilizados para realizar el movimiento mina, durante el año 2014, son 5 palas eléctricas (una P&H 4100<sup>a</sup>, tres P&H 4100XPB y una P&H4100XPC), 3 cargadores frontales (dos Le-Torneau 1850 y uno Le-Torneau 2350), 3 perforadoras eléctricas (dos Atlas Copco DMH y una Pit Viper 351E), 6 perforadoras diésel (tres Atlas Copco Pit Viper 351D, una Atlas Copco DMM3 y dos Sandvik D75) y 52 camiones (todos Komatsu 930E). Por otro lado, entre los equipos de apoyo, se cuenta con 13 Bulldozer (once Caterpillar D10T y dos Komatsu 375<sup>a</sup>), 8 motoniveladoras (una Caterpillar 140H, una Caterpillar 160H, una Komatsu GD675-A3 y cinco Komatsu GD825-A2), 6 Wheeldozer (todos Caterpillar 834H), 12 aljibes para agua (uno Volvo 18.000 Lts., uno Caterpillar 773F, tres Komatsu HD785-7 y siete Mercedes Benz) y cinco aljibes para Dust a Side (todos camiones Mack)

### 1.2.2. Organigrama superintendencia mina

Dentro de la superintendencia de Mantención Mina se distribuye la labor en cuatro áreas (figura 1-4), cada una de ellas dispone la responsabilidad de los equipos y maquinarias que están en sus procesos.

En este trabajo nos focalizaremos en la Jefatura de Mantención Transporte, pues en esta área es donde está presente el contrato de servicios de transporte mina con la empresa Komatsu Chile, desarrollando así la supervisión de los trabajos de éste.



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Figura 1-4. Organigrama Superintendencia Mantenición Mina

### 1.2.3. Jefatura mantención transporte

La Jefatura de Mantenición Transporte es la encargada de velar por el correcto cumplimiento del contrato entre Minera Los Pelambres y Komatsu Chile, que rige el Servicio de Transporte Mina.

### 1.3. **ORIGEN DEL CONTRATO**

El objetivo de Minera Los Pelambres es producir concentrado de cobre y molibdeno del yacimiento de Los Pelambres. Particularmente el objetivo de la Superintendencia de Mantenición Mina y la jefatura de mantención transporte es asegurar la disponibilidad de los equipos mineros necesarios para transportar el material mina explotado. Para seguir estos lineamientos la Minera ha generado una alianza estratégica que permite integrar a la empresa contratista en las metas de la compañía.

El modelo de relación de Minera Los Pelambres con sus empresas colaboradoras, se basa en dos pilares fundamentales: potenciar el beneficio mutuo que ambas partes desean mantener y la confianza que debe existir en sus relaciones. Resultado de ello, Minera Los Pelambres realizó una licitación por el Sistema Integral de Transporte Mina, con el fin de satisfacer sus futuros requerimientos de producción,

el cual con fecha 1 de julio del año 2006, Komatsu Chile se adjudicó la total prestación de los servicios, generando el Contrato CS – 326: Sistema Transporte Mina.

En este contrato participan, además de Komatsu Chile, dos empresas subcontratistas, Cummins empresa proveedora y mantenedora del motor de propulsión del camión y DTSA (Desarrollos Tecnológicos S.A.), empresa proveedora y mantenedora de las tolvas de los camiones. En total sumando la dotación de las tres empresas hay un número de 243 personas dentro del contrato.

#### 1.3.1. Alcance general del servicio

Como parte integral del Servicio, Komatsu se compromete a prestar por su cuenta y riesgo y con trabajadores bajo su dependencia, los servicios correspondientes al Sistema de Transporte Mina cuyo objetivo y alcance global considera suministrar una flota de camiones mineros de acuerdo a la necesidades de cumplimiento del Plan Minero de Minera Los Pelambres para el transporte de materiales mina (mineral y estéril), como también realizar el servicio de mantenimiento asociado a dicha flota y demás equipos necesarios para el servicio, de manera tal que esta flota se encuentre disponible para ser utilizada por la Minera en el transporte de materiales mina, así como las demás actividades necesarias para la prestación del servicio contratado.

El precio del servicio se paga por Minera Los Pelambres en dólares por tonelada métrica transportada (US\$/tm).

#### 1.3.2. Alcances específicos del servicio

Komatsu Chile debe realizar las actividades mínimas, mencionadas a continuación, como parte del servicio perteneciente al contrato.

##### 1.3.2.1. Servicio de mantención y apoyo a la flota de transporte

- Mantención integral y total, tanto, preventiva, predictiva, como correctiva de la flota de equipos;
- Servicios de mantención de tolvas, el cual debe incluir las reparaciones mayores y menores, así como, los repuestos e insumos;
- Servicios Mantención Integral de los sistemas automáticos y manual de detección y extinción de incendios, instalados en la flota de camiones.
- Servicios de suministros e instalación de vidrios para la flota de equipos; En caso de accidentes y pérdidas de estos vidrios por responsabilidad de la Minera, éstos son pagados por la propia Minera conforme a un listado de precios previamente conocidos y aprobados por ella, no obstante lo anterior estos vidrios y su instalación pueden ser aportados por la Minera.

- Servicios diarios de mantención, reparación y soporte las veinticuatro horas del día de todos los sistemas de comunicación instalados en los equipos (hardware y software) que soportan el sistema Dispatch.
- Servicios de conducción de camiones, desde el taller a un punto a determinar con operaciones y viceversa, para los recambios de equipos para las mantenciones, para lo cual el Komatsu Chile debe contar con el personal debidamente acreditado.
- Servicios de lavado de camiones en zonas habilitadas para este efecto;
- Suministro y mantenimiento de hidrolavadora(s).

#### 1.3.2.2. Tecnología y herramientas de gestión aplicada al servicio

Komatsu Chile debe incorporar en el servicio la más avanzada tecnología y herramientas de gestión que permitan y aseguren los programas de extracción, que exigirá el Plan Minero de Minera Los Pelambres.

Además, Komatsu Chile se obliga durante la vigencia de la prestación de los servicios a ofrecer a Minera Los Pelambres todo desarrollo tecnológico que permita mejorar o hacer más eficiente la prestación de los servicios y la operación de transporte de materiales mina.

#### 1.3.2.3. Servicios de capacitación

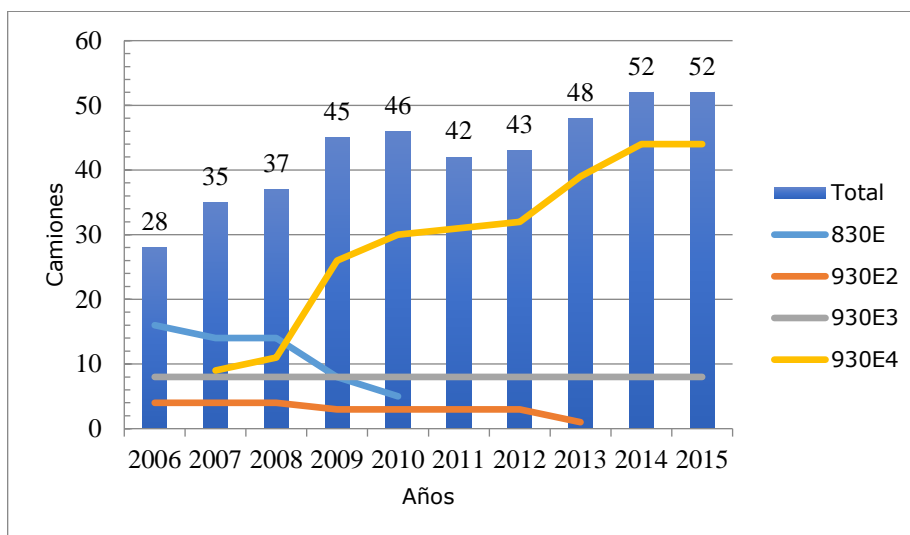
Como parte de la incorporación de nuevos equipos, Komatsu Chile debe capacitar al personal de la Minera periódicamente en la correcta operación de éstos, en conformidad a un programa de capacitación ofertado por Komatsu previamente; esta capacitación es sin costo para la Minera, para lo cual Komatsu debe contar con lo siguiente:

- Instructores de fábrica como soporte para el buen desempeño de la operación y la mantención;
- Simulador de cabina, para lo cual debe indicar su disponibilidad y frecuencia de utilización;
- Programa de capacitación o feedback de operadores.

#### 1.3.3. Flota de transporte

En el año 2006, en donde se genera el contrato de Sistema de Transporte Mina, la flota de camiones estaba compuesta por 16 camiones mineros Komatsu 830E, 4 camiones Komatsu 930E-2 y 8 camiones Komatsu 930E-3, en total 28 camiones. Debido al plan minero de Minera Los Pelambres, este número de flota se ha ido modificando a lo largo del contrato para lograr cumplir la producción planificada. En el gráfico 1-1 se muestra el número de camiones y su distribución en los distintos modelos a lo largo de los años del contrato.

Para identificar la flota, cada camión está señalado con un número asignado, el primer camión incluido en el contrato y que ya prestaba servicios anteriores para la Minera fue el CA-01, Komatsu 830E. En marzo del año 2015, el último camión adquirido fue el CA-103. Dentro del periodo del contrato se han adquirido 74 camiones, estando operativos actualmente desde el CA-50 al CA-103, en total 52 camiones, todos Komatsu 930E-3 y 930E-4, exceptuando el CA-71 y CA-75 ambos siniestrado.



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 1-1. Número de camiones por año

#### 1.3.4. Características camión minero Komatsu

Debido a que actualmente sólo se utilizan camiones mineros Komatsu 930E, se especifican las características de éste en la tabla 1-2.

Tabla 1-2. Especificaciones camión Komatsu 930E

Característica	930E
Carga útil	300 Ton cortas
M. Diesel	QSK 60
Potencia	2700 HP 1900 rpm
PESO (bruto)	501.673 kg
Velocidad (máxima)	64,5 km/h

Fuente: Manual de mantenimiento camión 930E, Komatsu Chile

El camión Komatsu 930E (figura 1-5) es un camión tolva para uso fuera de carretera, de volteo hacia atrás, con sistema de mando eléctrico. Sus ruedas traseras están impulsadas por medio de motores eléctricos AC, uno en cada eje, los cuales reciben energía mecánica provista por un motor diesel marca Cummins.

En el ANEXO A, se detalla la estructura interna del camión como la ubicación de los componentes más importantes de éste.



Fuente: Manual de mantenimiento camión 930E, Komatsu Chile

Figura 1-5. Camión Komatsu 930E

#### 1.3.5. Vida útil camión minero Komatsu

La vida útil de un camión minero Komatsu modelo 930E, según información suministrada por la propia empresa proveedora, es de 60.000 horas equivalente a 10 años, pero existe la experiencia que su vida útil se puede extender a 15 años (90.000 horas), sin embargo la fábrica asegura la confiabilidad del equipo minero hasta las 60.000 horas.



## **2. MODELO DE VALORIZACIÓN DEL CONTRATO DE SISTEMA DE TRANSPORTE MINA**

### **2.1. INFORMACIÓN GENERAL**

Como se mencionó en el punto 1.3.1, Komatsu Chile, para cumplir con el alcance del contrato, debe disponer de una flota de camiones para transportar material (lastre y mineral) desde un punto de carguío a un punto de vaciado definido por la Minera, y debe realizar el servicio de mantenimiento integral de éstos. En un origen Komatsu estimó, con acuerdo de la Minera, una flota de camiones con capacidad de transporte de 300 toneladas métricas o más, y 230 toneladas métricas o más, que deben mover del orden de 126 millones de toneladas anuales. Sin embargo, la creciente producción y modificación del plan minero ha dispuesto, a lo largo de los años, modificar la flota original de camiones, siendo hoy en día solamente camiones con capacidad de transporte de 300 toneladas métricas o más.

#### **2.1.1. Tipos de Contrato**

Actualmente Komatsu Chile utiliza varias formas de contrato para prestar servicios de mantención y reparación en la flota de camiones que provee a las distintas mineras en Chile. Se mencionan 4 tipos de contrato detallados a continuación:

- **Asistencia técnica (AT):** Contempla la dotación requerida para realizar asesorías de mantenimiento preventivo y correctivo en campo, asociado a la atención de la flota que el cliente posee. Esta modalidad no contempla labores de planificación.
- **Labor Plus Parts (LPP):** Consiste en disponer de un mantenimiento integral a la flota de camiones mineros. Este servicio incluye mano de obra y todo el equipo necesario para respaldar el servicio. Los repuestos necesarios dentro de las operaciones son adquiridos por el cliente para lo cual Komatsu ofrece un respectivo convenio de repuestos acorde a los requerimientos que se puedan presentar.
- **MARC:** Un Servicio MARC consiste en un servicio de mantenimiento y reparación integral para la flota de camiones. Este servicio incluye repuestos, mano de obra, reparación de componentes y todo el equipo necesario para respaldar el servicio. Komatsu a través de este acuerdo de servicio tiene una mayor responsabilidad sobre el mantenimiento y reparación de los equipos y al mismo tiempo metas en la disponibilidad de la flota, de tal forma que el cliente pueda maximizar su producción.

- **Full MARC:** Este acuerdo de servicio le permite al cliente enfocarse en su operación, asignándole a Komatsu la responsabilidad total del mantenimiento y reparación de la flota. Bajo esta modalidad el cliente ya no destina recursos para conceptos como neumáticos y lubricantes, los cuales quedan cubiertos por Komatsu.

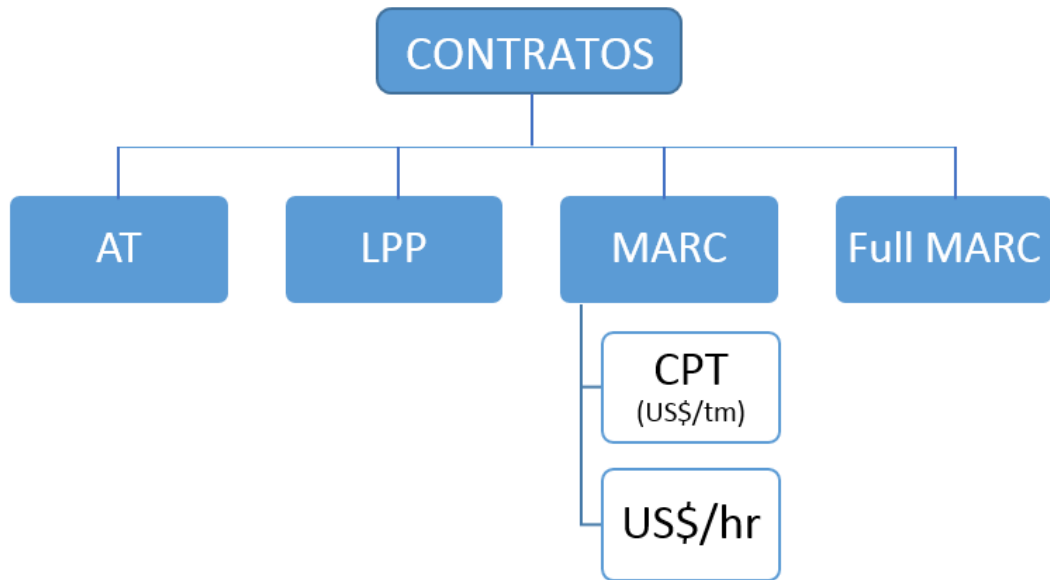
La tabla 2-1 muestra en resumen una comparación de los contratos anteriormente mencionados, resaltando la diferencia en un contrato de la modalidad LPP y MARC, donde las principales diferencias son que el contrato LPP no cuenta dentro de su costo total con una parte variable, pues los costos por repuestos y reparación de componentes no están cubiertos completamente por el contrato, como si ocurre con el contrato MARC. Ambos tipos de contrato buscan garantizar unos buenos niveles de KPIs de mantenimiento, tales como indicadores de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.

Tabla 2-1. Comparación tipos de contrato

Modalidad Servicio	Costo Fijo Mensual	Costo Variable Mensual	Repuestos	Reparación de Componentes	Indicadores Desempeño
<b>AT</b>	Si	No	No	No	No
<b>LPP</b>	Si	No	Por Consumo	Por Presupuestos	Si
<b>MARC</b>	Si	Si	Incluidos	Incluido	Si
<b>Full MARC</b>	Si	Si	Incluidos	Incluido	Si

Fuente: <http://portalkch.komatsu.cl/sopORTE-y-servicios/contratos-y-servicios/>

Además, dentro del contrato Marc existe dos modalidades de valorización del servicio, uno de carácter convencional donde el resultado del modelo es una tarifa unitaria de la forma dólares por hora (US\$/hr), y la forma "CPT", característico del contrato analizado entre Minera Los Pelambres y Komatsu.



Fuente: Creación Propia en base a estudio del contrato

Figura 2-1. Diagrama tipos de contratos

#### 2.1.2. Contrato de servicio de Transporte Mina en Minera Los Pelambres

Minera Los Pelambres desde el año 1998, ha contado con un contrato MARC con Komatsu Chile, el cual consiste en un servicio integral de mantenimiento y reparación de camiones 830E y 930E. En los inicios de este contrato, es decir, desde 1998 al año 2006, en la estructura de costos se consideraba una tarifa horaria (US\$/hr), de acuerdo a las horas operacionales de los equipos, más un costo de mano de obra e infraestructura fija, en donde los camiones eran comprados por la Minera.

Con el fin de disminuir los costos fijos y variar éstos en función de la producción, Minera Los Pelambres propuso pasar a un contrato Costo por Tonelada, pionero en la minería nacional, donde el cumplimiento del Plan Minero es de interés mutuo. Con fecha 1 de julio del año 2006, se inició la operación del Contrato CS-326 "Sistema de Transporte Mina" con la empresa Komatsu Chile S.A., el cual tiene como modalidad de pago la aplicación de una tarifa de dólares por tonelada métrica (US\$/tm) transportadas para las flotas de camiones Komatsu 830E y 930E.

En éste primer contrato se establece un modelo de valorización, el cual se denominará "Caso Base", descrito entre los puntos 2.2 y 2.5. A partir del punto 2.6 se detallan modificaciones realizadas al Caso Base a lo largo del contrato.

#### 2.2. **TARIFA UNITARIA COSTO POR TONELADA (US\$/TON)**

A principios del contrato suscrito en el año 2006, Komatsu Chile presentó a Minera Los Pelambres un modelo de valorización para el Servicio de Transporte Mina. Este modelo de valorización es el utilizado para calcular el valor unitario de la tonelada transportada (US\$/tm), tarifa unitaria para cada año en particular, forma por la cual se pagan los servicios prestados por Komatsu Chile.

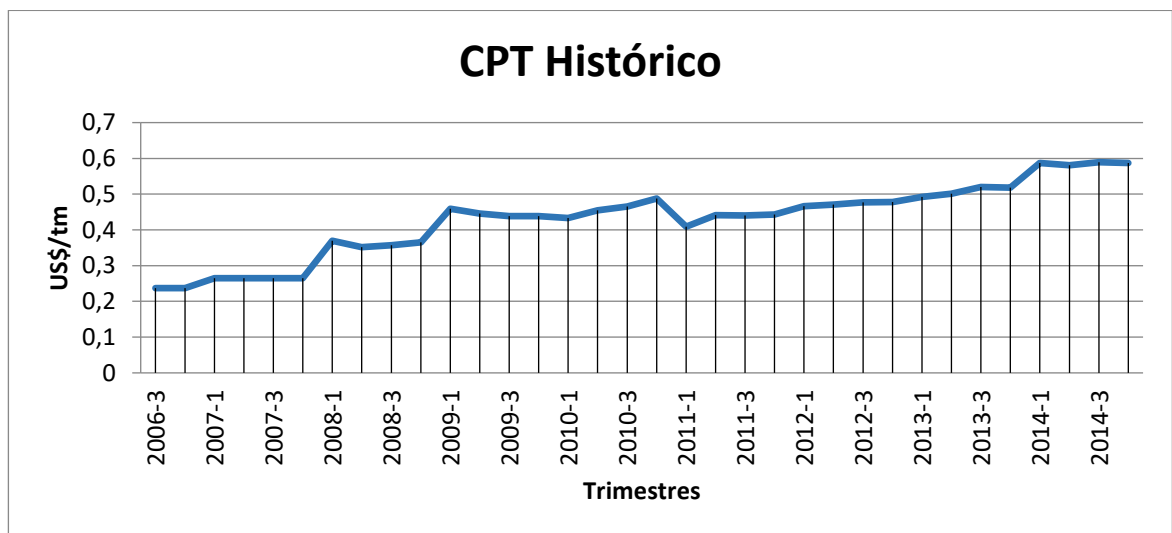
La tarifa unitaria denominada "costo por tonelada" (CPT) es la resultante de dividir los costos totales anuales del servicio por las toneladas planificadas a mover informadas por la Minera.

$$Tu = \text{Costos Totales}_{Anual} / \text{Toneladas Planificadas}_{Anual}$$

Donde

*Tu*: Tarifa unitaria en dólares por toneladas definidas para el año

El siguiente gráfico muestra el precio de la tarifa unitaria Costo por Tonelada a lo largo de los años del contrato.



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 2-1. Tarifa costo por tonelada

### 2.2.1. Toneladas planificadas

Cantidad de toneladas proyectadas de mineral extraído, que se define por el departamento de planificación a largo plazo y son ratificadas anualmente por el mismo departamento a corto plazo de acuerdo a la disponibilidad, mantenimiento y cambio de equipos que permiten la extracción del mineral.

La planificación minera involucra un conjunto de actividades tendientes a optimizar en el tiempo el uso de los recursos con los que cuenta la empresa, integrando distintas áreas técnicas con el fin de lograr o delinear los pasos para el logro de los objetivos estratégicos de la compañía.

Las herramientas de análisis que permiten cuantificar las toneladas planificadas son las siguientes:

- Leyes de Corte
- Capacidades del Sistema (Mina – Planta)
- Restricciones Ambientales
- Restricciones Operativas
- Tecnología
- Tiempo – Compromisos



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 2-2. Toneladas de material mina planificadas

Además, producto de la estimación de las toneladas planificadas se puede deducir el número de camiones necesarios en la flota de transporte mina para cumplir con las metas proyectadas. El gráfico 2-2 muestra las toneladas anuales planificadas de material mina a mover a lo largo del contrato, los cuales se utilizaron para calcular el costo por tonelada de los servicios.

### 2.2.2. Costos totales

Se consideran todos los costos asociados directamente al mantenimiento, reparación y soporte de los camiones de extracción, que aseguran una disponibilidad conforme a las metas definidas por la compañía.

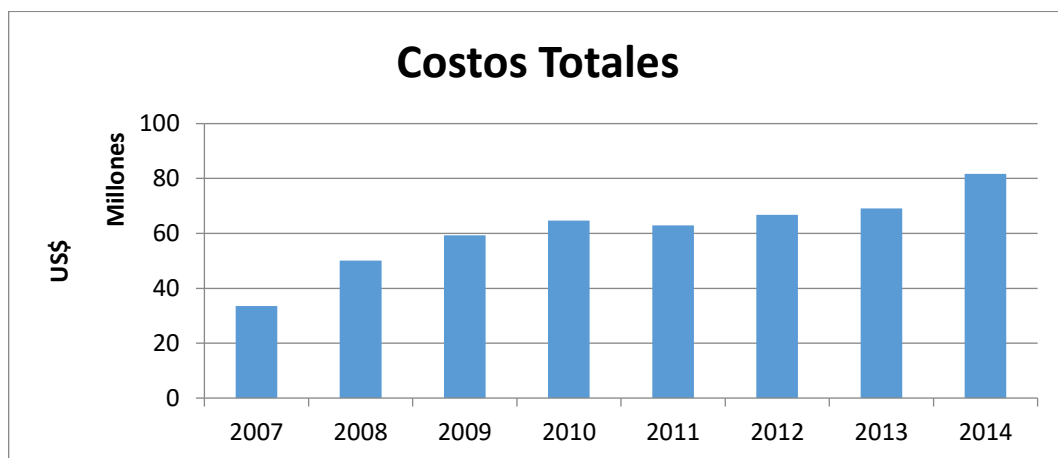
Las partidas que forman parte de los costos totales son las siguientes:

- Costo Capital
- Costo Mano de Obra e Infraestructura
- Costos Repuestos y Reparación de Componentes
- Costo Mantenimiento de Tolvas
- Costo Componentes de Soporte
- Costo Seguro Contratista
- Costos de Operación y Legales Consorcio
- Costo Financiero Boleta de Garantía Contrato

A su vez, los costos totales, se subdividen en costos fijos y costos variables.

$$\text{Costos Totales}_{\text{Anual}} = \text{Costos Fijos}_{\text{Anual}} + \text{Costos Variables}_{\text{Anual}}$$

Los costos totales anuales históricos del contrato servicios de transporte mina se encuentran detallados en el gráfico 2-3. Se observa que los costos totales durante el contrato aumentaron, debido a que se requirió ingresar más camiones al modelo y las rutas de extracción y movimiento de mineral se hicieron más largas en comparación al volumen de mineral extraído.



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 2-3. Costos totales históricos del contrato

### 2.2.3. Reajustabilidad y escalamiento

El cálculo anual de las tarifas unitarias se reajusta trimestralmente de acuerdo a indicadores económicos, estos son:

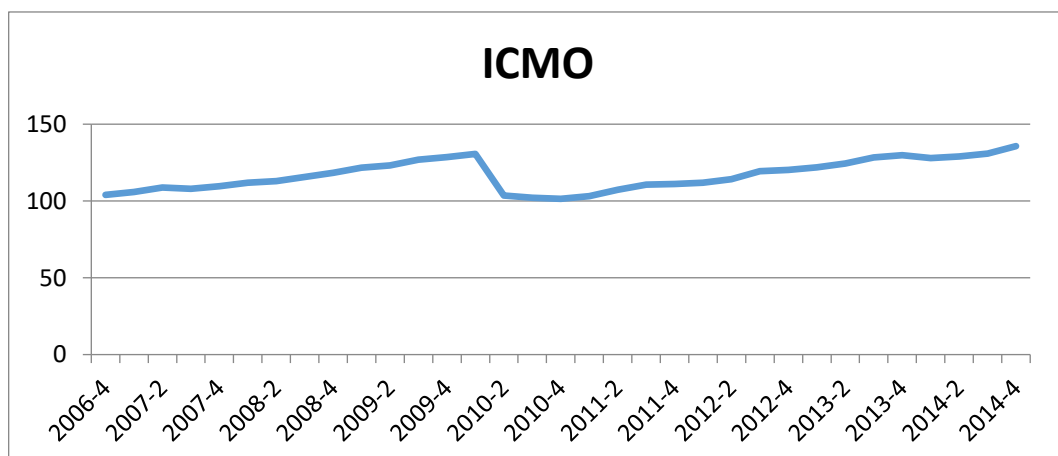
- Tasa Libor
- ICMO
- UF
- Precio Canasta de Repuestos del Camión
- Precio Canasta de Repuestos del Motor Diesel
- Precio Acero

La reajustabilidad se efectúa el primer día de cada trimestre, esto es el primer día de Julio, de Octubre, de Enero y de Abril. Cada vez que corresponde reajustar alguno de los precios y tarifas, el nuevo valor reajustado se ingresa al modelo de valorización para obtener la tarifa unitaria actualizada.

Las partidas costo de mano de obra e infraestructura, costo por repuestos y reparación de componentes y costos por mantenimientos de tolvas están sujetas a reajustabilidad, según la variación trimestral de cada indicador que les afecta conforme se explica en los puntos siguientes.

#### 2.2.4. ICMO

Corresponde a la evolución mensual del índice nominal de costo de mano de obra por horas totales pagadas para el sector minero, publicado por el instituto nacional de estadísticas de Chile (INE). Conciernen los gastos en que incurren las empresas en mantener a sus trabajadores, el cual incluye las remuneraciones ordinarias más costos no salariales.



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 2-4. Valores ICMO históricos del contrato

El ICMO base, para efectos de cálculos de reajustabilidad, es igual a 96,72, correspondiente a enero de 2006. La variación trimestral del ICMO es el indicador que

afecta a los polinomios de reajuste de los costos de repuestos y componentes, mantenimientos de tolvas y mano de obra e infraestructura; es decir, afecta a la totalidad de los costos reajustables. Para obtener la variación del ICMO se debe aplicar la siguiente formula:

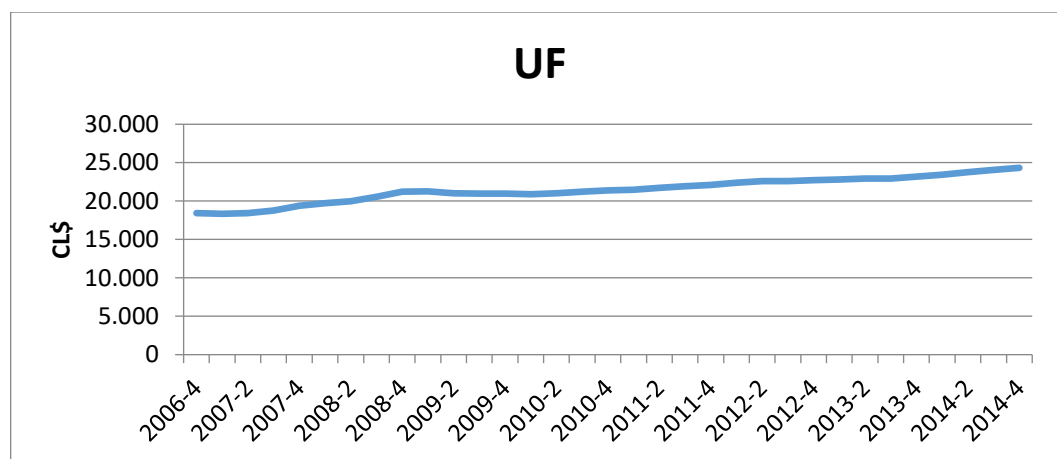
$$Var.ICMO = \frac{\text{último ICMO publicado}}{ICMO \text{ base}}$$

El gráfico 2-4 muestra los distintos valores de ICMO registrados a lo largo del contrato. Se observa un reajuste del indicador por el INE cambiando su base en diciembre del año 2009, pasando a ser igual a 103,61, así el nuevo cálculo de la variación del ICMO quedó como se señala a continuación:

$$Var. ICMO_{actual} = \frac{ICMO_{Base 2006}}{ICMO_{dic 2009}} * \frac{ICMO_{Base 2009}}{ICMO_{actual}}$$

#### 2.2.5. UF

La unidad de fomento (UF) es una unidad de cuenta usada en Chile, reajutable de acuerdo con la inflación. Desde 1990, el Banco Central de Chile ha determinado su valor conforme a la variación mensual del IPC. Los valores del IPC son los informados oficialmente por el INE.



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 2-5. Valores UF históricos del contrato

El UF base, para efectos de cálculos de reajustabilidad, es igual a CL\$17.859,16, correspondiente al valor del 31 de octubre de 2005. La variación trimestral del UF es el indicador que afecta a los polinomios de reajuste de los costos de repuestos y componentes y de mantenimiento de tolvas. Para obtener la variación del UF se debe aplicar la siguiente formula:

$$\text{Var. UF} = \frac{\text{último UF publicado}}{\text{UF base}}$$

El gráfico 2-5 muestra los distintos valores de UF registrados trimestralmente a lo largo del contrato expresado en CL\$.

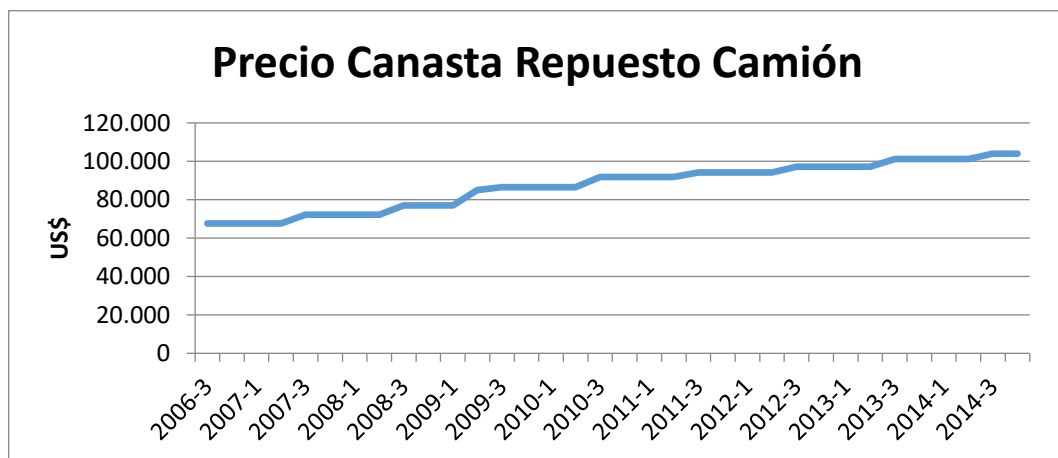
#### 2.2.6. Precio canasta repuestos camión

La canastas de repuestos del camión minero corresponde al valor total de cien ítems representativos del camión Komatsu, el listado de los cien ítems se encuentran en el ANEXO B valorizados con precios del fabricante fijados en mayo de 2005, usado como base para calcular la variación del precio de la canasta de repuestos del camión, siendo de US\$57.704,79.

La variación trimestral del precio de la canasta de repuestos del camión viene dada por la siguiente formula:

$$\text{Var. Canasta Repuestos Camión} = \frac{\text{Canasta Repuestos Camión mes reajuste}}{\text{Canasta Repuestos Camión base}}$$

El gráfico 2-6 muestra los registros del precio de la canasta de repuestos del camión a lo largo de los años del contrato expresado en US\$. Generalmente el precio de este indicador se deja fijo por 4 trimestres, explicando el comportamiento del gráfico.



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 2-6. Precio canasta de repuestos camión Komatsu

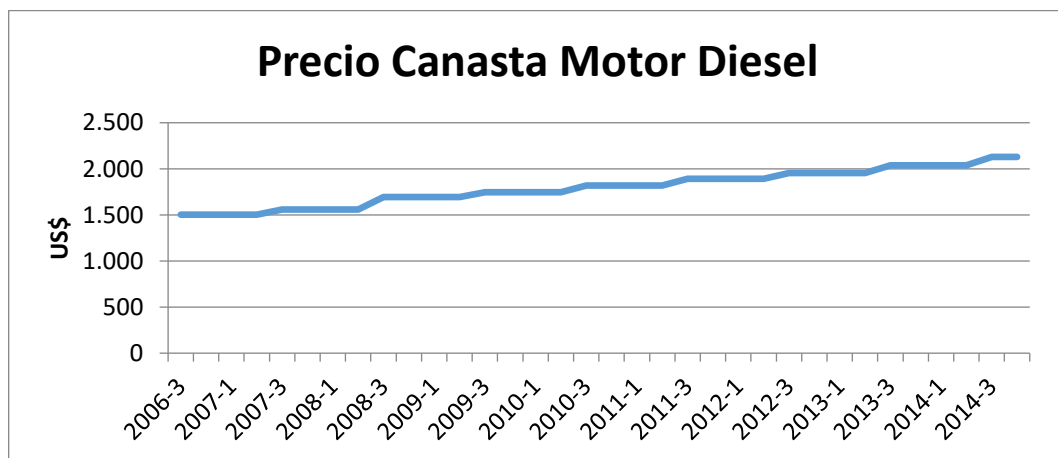
#### 2.2.7. Precio canasta repuestos motor diesel

La canastas de repuestos del motor diesel corresponde al valor total de sesenta ítems representativos del motor diesel alojado en el camión Komatsu, el listado de los sesenta ítems se encuentran en el ANEXO C valorizados con precios del fabricante fijados en mayo de 2005, usado como base para calcular la variación del precio de la canasta de repuestos del motor diesel, siendo de US\$ 1.359,00.

La variación trimestral del precio de la canasta de repuestos del motor diesel viene dada por la siguiente formula:

$$\text{Var. Canasta Repuestos Motor Diesel} = \frac{\text{Canasta Repuestos Motor Diesel mes reajuste}}{\text{Canasta Repuestos Motor Diesel base}}$$

El gráfico 2-7 muestra los registros del precio de la canasta de repuestos del camión a lo largo de los años del contrato expresado en dólares americanos.



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 2-7. Precio canasta de repuestos motor diesel

#### 2.2.8. Precio Acero

El precio del acero plancha XAR Plus de 16mm es utilizado para calcular la variación trimestral del precio del acero, el valor de esta plancha es el valor observado en la planta Thyssen Krupp Chile al fabricante de tolvas DTSA. El valor base para calcular la variación del precio del acero es igual \$912,59 pesos chilenos por kilo al inicio del contrato. La variación se calcula según la siguiente formula:

$$\text{Var. Precio Acero} = \frac{\text{Precio Acero Plancha XAR plus 16mm mes reajuste}}{\text{Precio Acero Plancha XAR plus 16mm base (vigente)}}$$

Si el porcentaje de variación positiva o negativa del precio del acero es menor al 5%, el factor de variación del precio acero será igual a 1. Por el contrario si la

variación es mayor o igual al 5%, el factor de variación precio acero será igual a la variación real.

En caso de variación mayor o igual al 5%, el precio base vigente será reemplazado por el nuevo precio de la plancha registrado.

### **2.3. MODELO DE VALORIZACIÓN**

El modelo que valoriza el servicio del contrato del sistema de transporte mina está constituido por el cálculo de una tarifa unitaria en dólares por tonelada métrica transportada aplicable a la modalidad Costo por Tonelada, este modelo permite valorizar los servicios de mantenimiento realizados por Komatsu a la flota de camiones mineros operados por Minera Los Pelambres.

Para determinar los costos asociados al modelo de valorización primero Minera Los Pelambres revisa anualmente el plan minero para el año calendario siguiente e informa a Komatsu durante el mes de noviembre de cada año. La información que se entrega en el plan minero contiene los tonelajes presupuestados para transportar con la flota de camiones del Komatsu. Con base en este nuevo plan minero, Komatsu utiliza el modelo de valorización para calcular la tarifa unitaria.

La tarifa resultante en US\$/tm y los tonelajes presupuestados se utilizan en el cálculo del pago por la prestación de los servicios para el año siguiente de acuerdo a la metodología que se señala a continuación.

#### **2.3.1. Valor mensual de pago**

El valor mensual que Komatsu cobra a la Minera por los servicios prestados durante el mes vencido es el mayor valor entre el Monto Normal y el Monto Mínimo Mensual que se describen a continuación:

**Monto Normal:** es el resultado de la multiplicación entre el tonelaje efectivamente transportado y la tarifa unitaria, debidamente reajustada, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Monto Normal} = Tu_{(i)} * Tet$$

Donde

- $Tu_{(i)}$ : Tarifa unitaria en dólares por toneladas definidas para el año (i).
- $Tet$ : Toneladas efectivamente transportadas en el mes.

**Monto Mínimo Mensual:** Es el resultado de aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Monto Mínimo Mensual} = Tu_{(i)} * (F1_{(i)} * \frac{Tpa_{(i)}}{12} + F2_{(i)} * Tet)$$

Donde

- $Tpa_{(i)}$ : Tonelaje planificado del año (i), según el presupuestado por Minera Los Pelambres informado en el año i-1.
- $F1_{(i)}$ : Factor 1 de ponderación costos fijos para el año i.
- $F2_{(i)}$ : Factor 2 de ponderación costos variables para el año i.

Los factores F1 y F2 de la fórmula de monto mínimo mensual son revisados y actualizados anualmente de acuerdo a la estructura de costos del modelo de valorización y con acuerdo entre la Minera y Komatsu.

El factor F1 es el cociente entre los costos fijos y el costo total del período correspondiente:

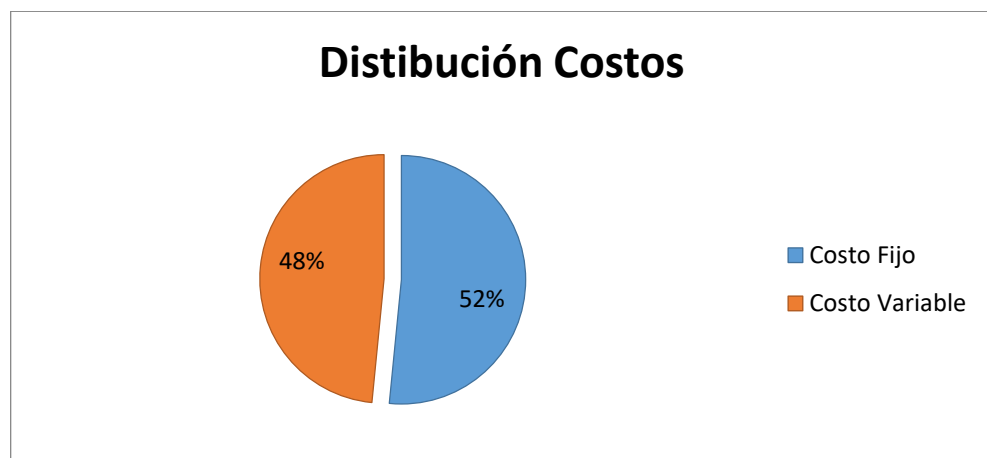
$$F1_{(i)} = \frac{\text{Costos Fijos del período}}{(\text{Costos Fijos} + \text{Costos Variables}) \text{ del período}}$$

El factor F2 se detalla en la siguiente formula:

$$F2_{(i)} = 1 - (F1_{(i)}/0,927)$$

Donde

- *Costos Fijos*: La diferencia entre el costo total del período y el costo variable.
- *Costos Variables*: Costo Repuestos y Reparación de Componentes y Costos Mantenimiento Tolvas.



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 2-8. Distribución costos fijos y variables (2006-2014)

En el transcurso del contrato se aprecia que la distribución de los costos, tanto fijos como variables fue muy cercana a una relación 1:1, como se señala en el gráfico 2-8.

## 2.4. COSTOS FIJOS

Aquellos costos que no dependen del nivel de actividad de la empresa, sino que son una cantidad determinada y fijada anualmente, susceptible a reajustes trimestrales influenciados por variaciones en indicadores económicos.

Las partidas que integran la variable costos fijos son las siguientes:

$$\text{Costos Fijos} = \text{Costo Capital} + \text{Costo Mano de Obra} + \text{Costo Componentes de Soporte} \\ + \text{Costo Seguro} + \text{Costo de Operación} + \text{Costo Financiero Boleta}$$

### 2.4.1. Costo capital

El valor capital se refiere al costo adquirido por arrendar la flota de camiones mineros, cada camión tiene un precio variable conforme a las fluctuaciones del mercado y lo dispuesto por Komatsu Chile. El valor de un camión se divide en cuotas, conforme a los años de contrato del camión, a esa cuota se le aplica un interés Spread y un interés de Tasa Libor, lo cual da el valor a pagar por costo capital, el interés Spread es fijo y el interés Libor variable. El valor capital base correspondiente para los distintos modelos de camión, ofertado por Komatsu a inicios del contrato y aprobado por la Minera, son los mostrados en la tabla 2-2.

Tabla 2-2. Tasa de costo capital por camión al inicio del contrato

Modelo de Camión	Valor (US\$)
830E Usado	510.204
930E-2 Usado	1.028.000
930E-3 / 930E-4 Nuevo (RTW)	3.379.877

Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

El costo de los camiones ha ido variando según la fecha de ingreso de cada uno de ellos según el siguiente detalle:

- Desde el año 2006 a Octubre de 2007 ingresaron 21 camiones, CA-50 al CA-70, con un valor de US\$3.379,877, tal como indica el costo de un camión nuevo al inicio del contrato.
- Desde Noviembre de 2007 a Diciembre de 2007 ingresaron 3 camiones, CA-71 al CA-73, con un valor de US\$3.742.456.
- Desde Diciembre de 2007 a Abril de 2008 ingresaron 5 camiones, CA-74 al CA-78, con un valor de US\$3.808.694.

- En Mayo de 2008 ingresó el camión CA-79 con un valor de US\$3.713.170.
- En Octubre de 2008 ingresó el camión CA-80 con un valor de US\$3.712.378.
- Desde Enero de 2009 a Julio del mismo año ingresaron 5 camiones, CA-81 al CA-85, con un valor de US\$4.478.000.
- Desde Enero de 2010 a Abril del mismo año ingresaron 4 camiones, CA-86 al CA-89, con un valor de US\$4.197.521.
- Entre los meses de Julio y Agosto del año 2012 ingresaron 3 camiones, CA-90 al CA-92, con un valor de US\$4.897.487.
- En el año 2013 entre los meses de Marzo y Junio ingresaron 7 camiones, CA-93 al CA-99, con un valor de US\$5.020.848.
- En el mes de Febrero del año 2014 ingresaron 3 camiones, CA-100 al CA-102, con un valor de US\$5.186.382.
- Finalmente en el mes de Marzo del año 2015 ingresó el camión CA-103 con un valor de US\$4.974.633.

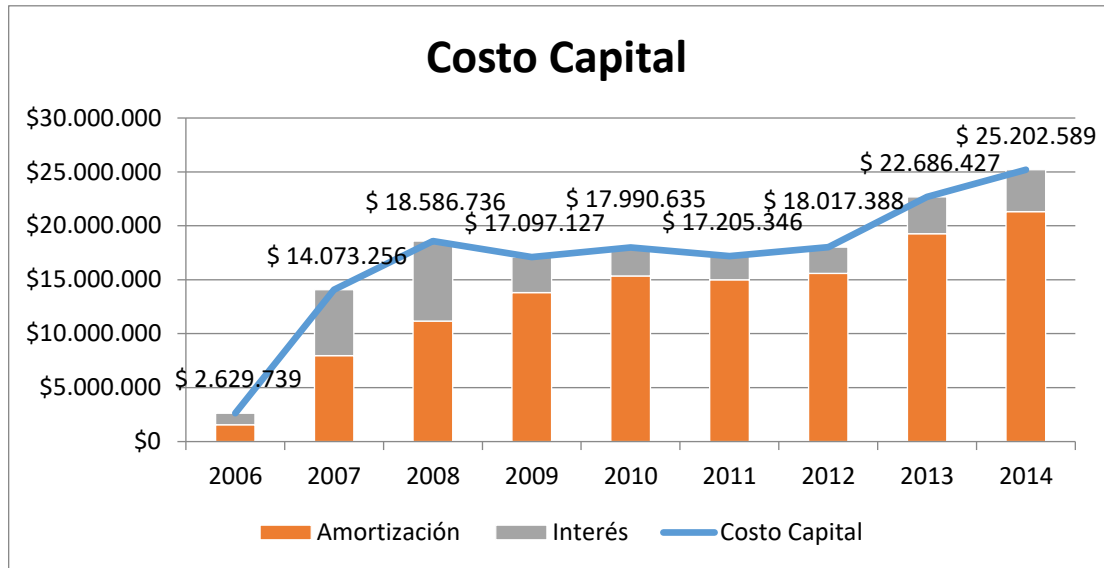
El valor de los camiones ha ido variando a lo largo del contrato debido a las fluctuaciones del mercado y los distintos dispositivos que considera el camión en cada compra.

Finalmente, el costo capital anual total es la sumatoria del costo capital anual de cada camión, el cual se calcula sumando las cuotas de amortización correspondientes al año de la tarifa que se quiere calcular, más los intereses generados. Los intereses se calculan sumando los intereses Libor y Spread aplicados al saldo insoluto, en el ANEXO E hay un ejemplo de cálculos de cuotas del costo capital de un camión. El gráfico 2-9 muestra los valores y distribución del costo capital a lo largo del contrato expresado en US\$.

$$\text{Costo Capital}_{\text{total}} = \sum_{i=1}^n \text{Costo Capital}_i$$

$$\text{Costo Capital}_i = \text{Cuota Amortización}_i + \text{Intereses}_i$$

$$\text{Intereses}_i = (\text{Libor}_i + \text{Spread}) * \frac{30}{360} * \text{Saldo Insoluto}_i$$

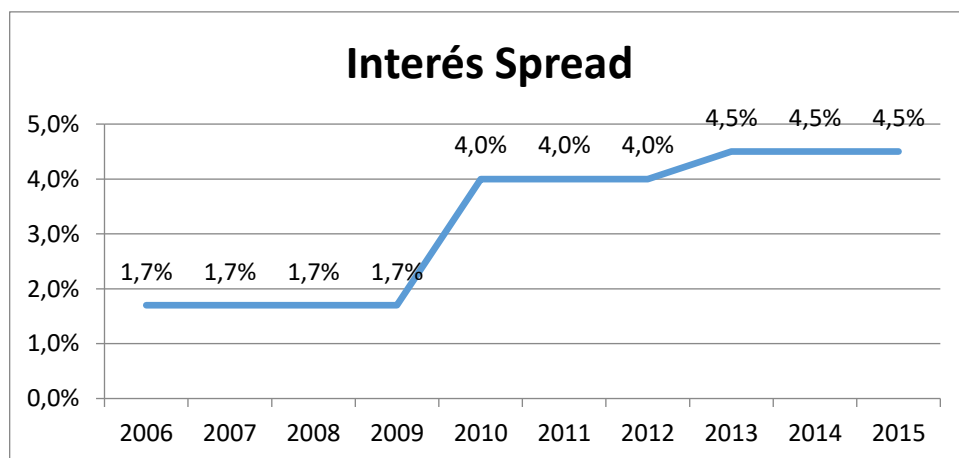


Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 2-9. Costo capital histórico del contrato

#### 2.4.1.1. Interés Spread

El Spread es una tasa fija de interés anual asignada al costo del camión, definida y fijada por Komatsu Chile. La tabla muestra la variación de la tasa Spread desde el año 2006 al 2015. El gráfico 2-10 están reflejados los valores de interés Spread con que los camiones ingresaron al modelo de valorización en su respectivo año.



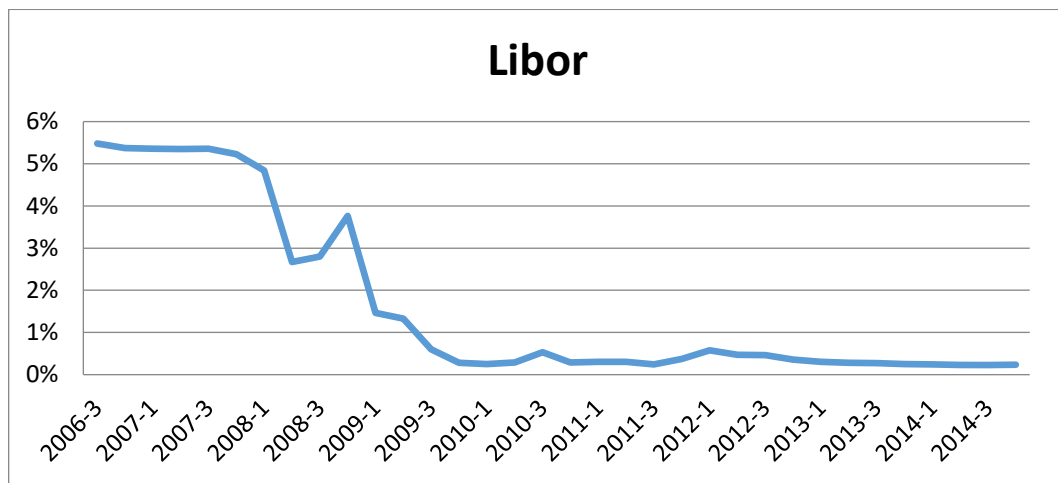
Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 2-10. Gráfico variación Interés Spread

#### 2.4.1.2. Interés Libor

La tasa Libor corresponde a la Tasa Interbancaria "London Interbank Offered Rate". Indica una medida del costo de los préstamos entre bancos, que es fijada en un proceso que supervisa la Asociación de Banqueros Británicos, cuyos valores surgen de reportes que realizan los principales grupos financieros internacionales, en los que se acuerda el tipo de interés que estarían dispuestos a pagar al pedir un préstamo en un periodo de tiempo y en determinada divisa.

La tasa Libor se cotiza trimestralmente para reajustar el costo capital del modelo de valorización. En el gráfico 2-11 están reflejados los valores de la tasa Libor, registrados a lo largo del contrato, con los cuales se calcula el monto asignado a interés del costo capital.



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 2-11. Tasa Libor Trimestral

#### 2.4.2. Costo mano de obra e infraestructura

El costo de mano de obra e infraestructura es el costo necesario para servir al mantenimiento de la flota por estos conceptos, este costo depende netamente de la dotación de personal con que cuenta anualmente el contratista para sus labores, por lo tanto su tarifa anual se puede modificar. El costo anual de esta partida es el resultado de la multiplicación de la tarifa anual para el año en transcurso (tabla 2-3) por el factor de reajuste del costo de mano de obra e infraestructura trimestral (punto 2.4.2.1).

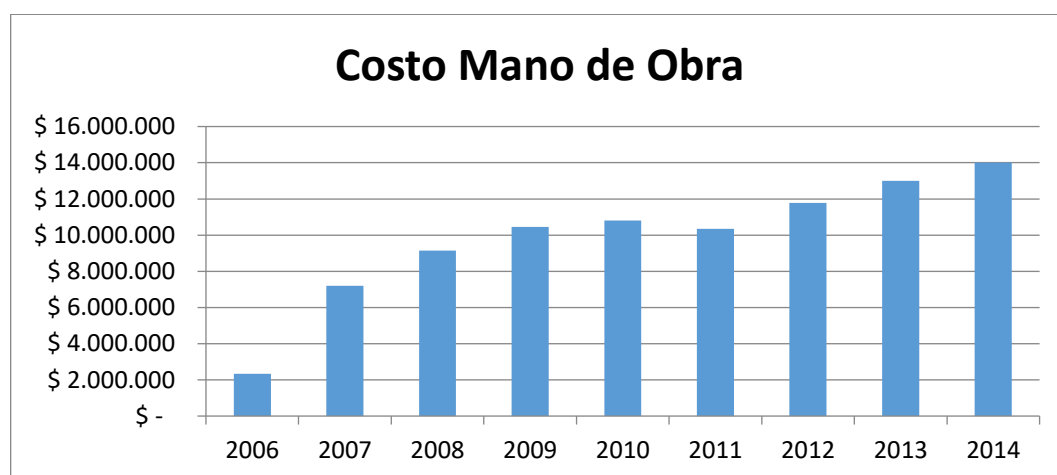
$$\text{Costo Mano Obra}_{\text{Total}} = \text{Tarifa Anual MO} * \text{Factor Reajuste MO}$$

Tabla 2-3. Tarifa anual mano de obra e infraestructura

Año	Costo (U\$)
<b>2006</b>	4.774.397,21
<b>2007</b>	7.203.008,17
<b>2008</b>	7.836.060,22
<b>2009</b>	8.369.875,20
<b>2010</b>	8.369.875,20
<b>2011</b>	7.624.800,26
<b>2012</b>	8.197.516,43
<b>2013</b>	8.849.080,00
<b>2014</b>	8.849.080,00
<b>2015</b>	8.976.209,41

Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

El gráfico 2-12 muestra los costos totales para la partida de mano de obra e infraestructura a lo largo del contrato expresado en dólares americanos (US\$).



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

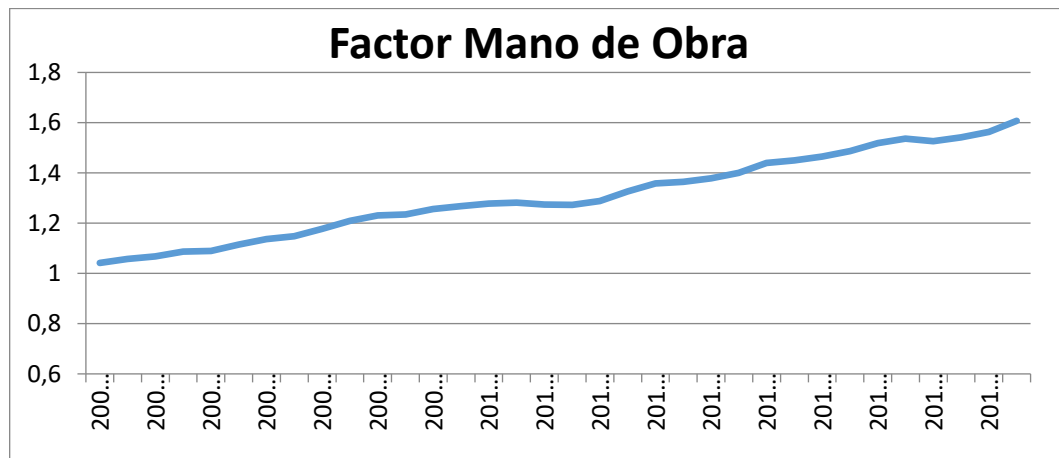
Gráfico 2-12. Costos mano de obra históricos del contrato

#### 2.4.2.1. Reajuste tarifa mano de obra e infraestructura

El factor de reajuste de la tarifa de mano de obra viene dada por los indicadores económicos ICMO y UF, la variación trimestral de éstos con respecto a su valor base permiten calcular el factor a aplicar trimestralmente en esta tarifa.

$$\text{Factor Reajuste MO} = (0,6 * \text{Var. ICMO}) + (0,4 * \text{Var. UF})$$

El gráfico 2-13 muestra los valores de la variación de la tarifa de mano de obra aplicando el factor de reajuste anteriormente mencionado. Las formas de calcular la variación del ICMO y la variación del UF se encuentran explicadas en los puntos 2.2.4 y 2.2.5 de este trabajo.



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 2-13. Variación tarifa mano de obra histórica del contrato

#### 2.4.3. Costo por Componentes de Soporte

Esta tarifa contempla los gastos asociados, por camión, de la implementación de componentes de soporte para la correcta mantención y reparación de los camiones. Este costo permite a la Minera contar con un pool de componentes mayores, compartida con otras dos mineras, Minera Caserones y Minera Andina, facilitando así el arribo de un componente del camión ante un imprevisto.

La forma de calcular el costo anual por componentes de soporte se encuentra explicado en las siguientes fórmulas, en donde al multiplicar la distribución de las horas de un camión, de acuerdo a los tramos horarios, por la tarifa de componentes de soporte (tabla 2-4), aplicando el reajuste correspondiente, y sumándolo a la misma operación con el resto de camiones de la flota se logra obtener el costo por componentes de soporte.

$$Costo\ Componente_{Total} = \sum_{i=1}^n Costo\ Componente_i$$

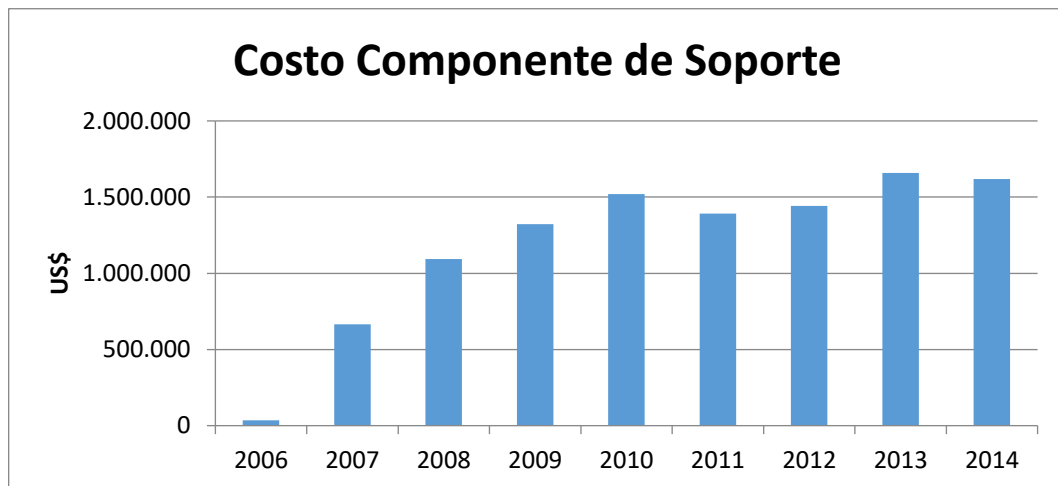
$$Costo\ Componente_i = \sum_{j=1}^{10} Horas\ Tramo_j * Tarifa\ Tramo\ Componente$$

Tabla 2-4. Tarifa anual componentes de soporte

Tramo	Rango Horas	Costo (US\$/Hr)
<b>1</b>	0-6.000	6,10
<b>2</b>	6.000-12.000	6,10
<b>3</b>	12.000-18.000	6,10
<b>4</b>	18.000-24.000	6,10
<b>5</b>	24.000-30.000	6,10
<b>6</b>	30.000-36.000	6,10
<b>7</b>	36.000-42.000	6,10
<b>8</b>	42.000-48.000	6,10
<b>9</b>	48.000-54.000	6,10
<b>10</b>	54.000-60.000	6,10

Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

En el gráfico 2-14 se muestran los costos asociados a esta partida a lo largo de los años del contrato en US\$.



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 2-14. Costos componente de soporte históricos del contrato

#### 2.4.4. Costo Seguro Contratista

Se incluye en el Modelo de Valorización los costos de responsabilidad civil de vehículos motorizados y equipos móviles utilizados por el contratista y subcontratistas (exceptuando los camiones mineros). Este costo tiene un valor fijo de US\$72.277 anual.

#### 2.4.5. Costos de Operación y Legales Consorcio

La partida de costos de operación y legales tiene relación con los gastos generales de Komatsu Chile para la creación y operación de su consorcio (CPT Chile S.A.), para administrar los servicios del contrato de servicios. El costo de operaciones del consorcio equivale a US\$130.000 anual, mientras el costo legal del consorcio corresponde a US\$50.000 anual. Ambos costos permanecen fijos a lo largo del contrato.

#### 2.4.6. Costo Financiero Boleta de Garantía Contrato

Esta partida cubre el valor financiero de mantener la boleta de garantía del contrato vigente. Este costo equivale anualmente a US\$6.000.

### 2.5. **COSTOS VARIABLES**

Los costos variables se definen conforme a la siguiente fórmula:

$$\text{Costos Variables} = \text{Costos Repuestos y Reparación} + \text{Costo Mantenimiento Tolva}$$

#### 2.5.1. Costo por repuesto y reparación de componentes

La costo por repuesto y reparación de componentes contempla el valor por camión, según su modelo, necesario para suplir estos conceptos y asegurar la disponibilidad. Se consideran 10 tramos de tarifas asociadas a la vida útil del camión (60.000 horas), por lo tanto cada tramo se compone de 6.000 horas. La medición del horómetro de cada camión permite determinar la ubicación del tramo y el valor correspondiente al costo por repuesto y reparación de componentes. Esta tarifa es de costo variable.

En la tabla 2-5 se muestran los valores de las tarifas, al inicio del contrato, por tramos de horas de uso del camión correspondientes a esta partida.

$$\text{Costo Repuesto}_{Total} = \sum_{i=1}^n \text{Costo Repuesto}_i$$

$$\text{Costo Repuesto}_i = \sum_{j=1}^{10} \text{Horas Tramo}_j * \text{Tarifa Tramo Repuesto}_j * \text{Factor Reajuste Repuesto}$$

Según las formulas anteriores, el costo por repuesto total anual es el resultado de la sumatoria de los costos por repuesto anuales de cada camión, el cual

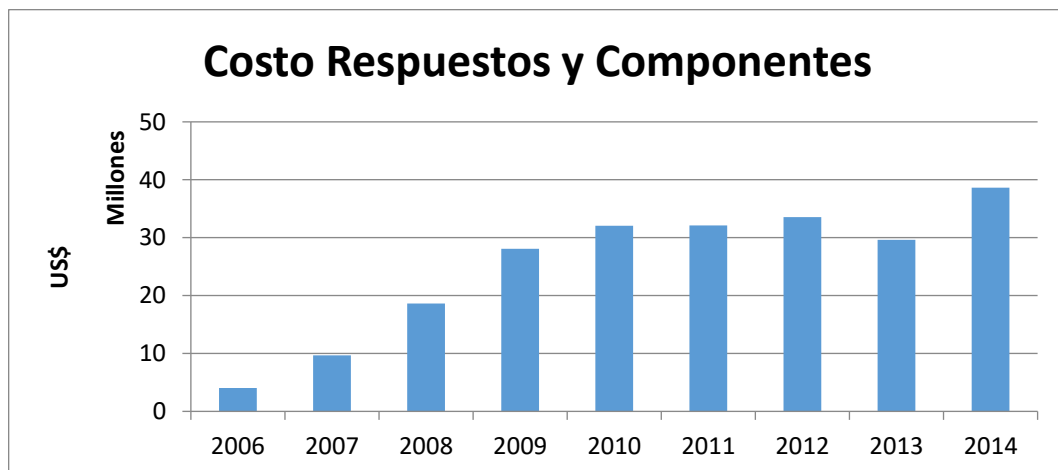
se determina multiplicando las horas anuales operativas del camión, distribuidas en los tramos horarios correspondientes, multiplicados a la tarifa de cada tramo respectivo y multiplicado por el factor de reajuste, detallado más adelante.

Tabla 2-5. Tarifas horarios costos repuestos y componentes

Tarifa Variable		Repuestos y Componentes 930E Nuevos (US\$/hr)
Tramo	Rango Horas	
<b>1</b>	<b>0-6.000</b>	7,526304
<b>2</b>	<b>6.000-12.000</b>	5,523804
<b>3</b>	<b>12.000-18.000</b>	6,849130
<b>4</b>	<b>18.000-24.000</b>	4,633804
<b>5</b>	<b>24.000-30.000</b>	5,069130
<b>6</b>	<b>30.000-36.000</b>	4,827283
<b>7</b>	<b>36.000-42.000</b>	5,523804
<b>8</b>	<b>42.000-48.000</b>	5,165870
<b>9</b>	<b>48.000-54.000</b>	5,601196
<b>10</b>	<b>54.000-60.000</b>	8,116413

Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

En el gráfico 2-15 están representados los costos asociados a la partida de costos por repuestos y componentes a lo largo de los años del contrato en US\$.



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 2-15. Costos repuestos y componentes de soporte históricos del contrato

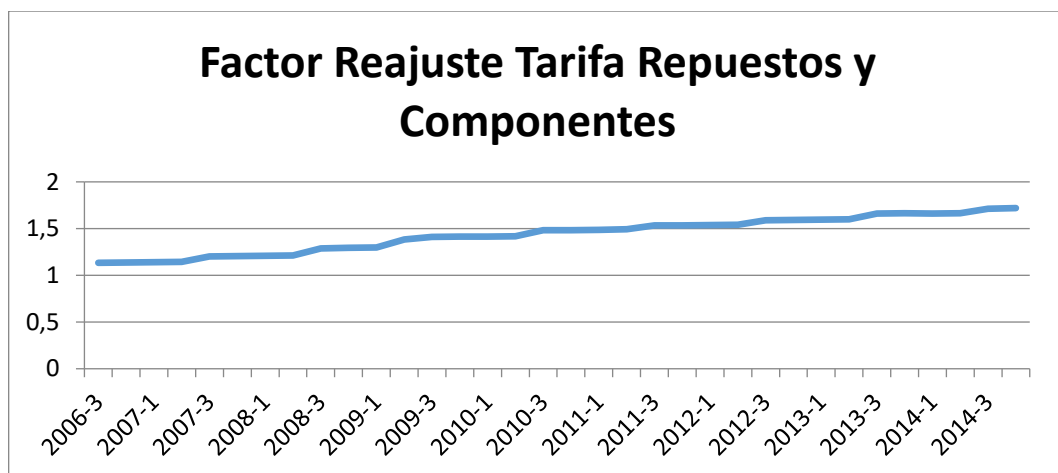
### 2.5.1.1. Reajuste tarifa de repuestos y reparación de componentes

El factor de reajuste de la tarifa de repuesto y reparación de componentes viene dada por los indicadores económicos ICMO y UF, la variación de éstos con respecto a su valor base permiten calcular el factor a aplicar trimestralmente en esta tarifa, además de la participación de la variación de la canasta de repuestos del camión como de la canasta de repuestos del motor de combustión.

*Factor Reajuste Repuesto*

$$= 0,2[(0,6 * Var. ICMO) * (0,4 * Var. UF)] + 0,8 \\ * [(0,77 * Var. CR Camión) + (0,23 * Var. CR Motor)]$$

El Gráfico 2-16 muestra la variación del factor de reajuste aplicado a la tarifa del costo de repuestos y componentes de soporte durante los años del contrato del sistema de transporte mina.



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 2-16. Variación factor reajuste de tarifa repuestos y componentes histórica del contrato

### 2.5.2. Costo por mantenimiento de tolvas

De la misma forma que el costo por repuesto y reparación de componentes es de costo variable, esta partida determina el valor de las reparaciones generales de todas las tolvas, exceptuando reparaciones por accidentes operacionales, consideradas en 10 tramos de costos asociados a la vida útil del camión. Las tarifas asociadas a cada tramo están enumeradas en la tabla 2-6.

$$Costo Tolva_{Total} = \sum_{i=1}^n Costo Tolva_i$$

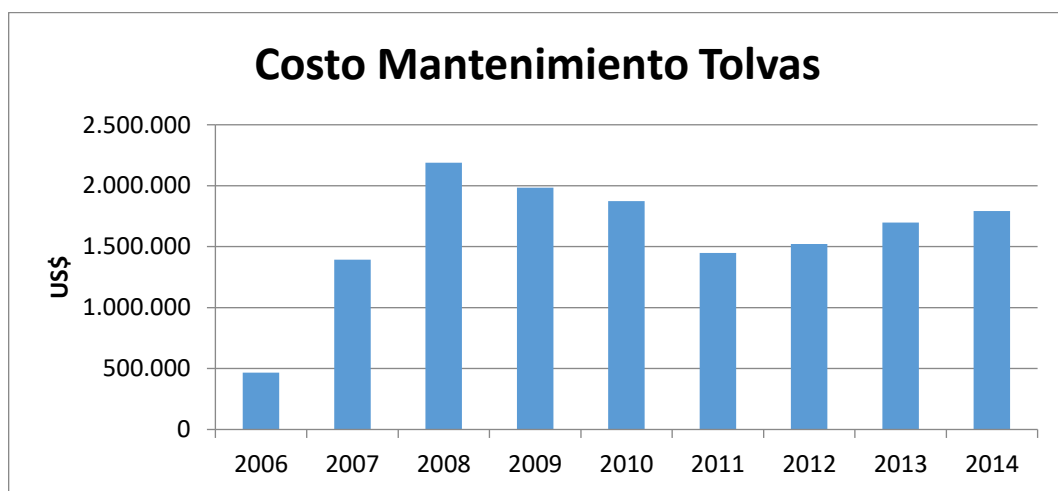
$$\text{Costo Tolva}_i = \sum_{j=1}^{10} \text{Horas Tramo}_j * \text{Tarifa Tramo Tolva}_j * \text{Factor Reajuste Tolva}$$

Tabla 2-6. Tarifas horarias costo mantenimiento tolva

Tarifa Variable		Repuestos y Componentes 930E Nuevos (US\$/hr)
Tramo	Rango Horas	
<b>1</b>	<b>0-6.000</b>	16,271739
<b>2</b>	<b>6.000-12.000</b>	46,402174
<b>3</b>	<b>12.000-18.000</b>	111,203974
<b>4</b>	<b>18.000-24.000</b>	71,499369
<b>5</b>	<b>24.000-30.000</b>	97,130435
<b>6</b>	<b>30.000-36.000</b>	81,771739
<b>7</b>	<b>36.000-42.000</b>	52,336957
<b>8</b>	<b>42.000-48.000</b>	129,010870
<b>9</b>	<b>48.000-54.000</b>	55,771739
<b>10</b>	<b>54.000-60.000</b>	93,989130

Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

En el gráfico 2-17 están representados los costos asociados a la partida de costos por mantenimientos de tolvas a lo largo de los años del contrato.



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 2-17. Costos mantenimiento tolvas históricos del contrato

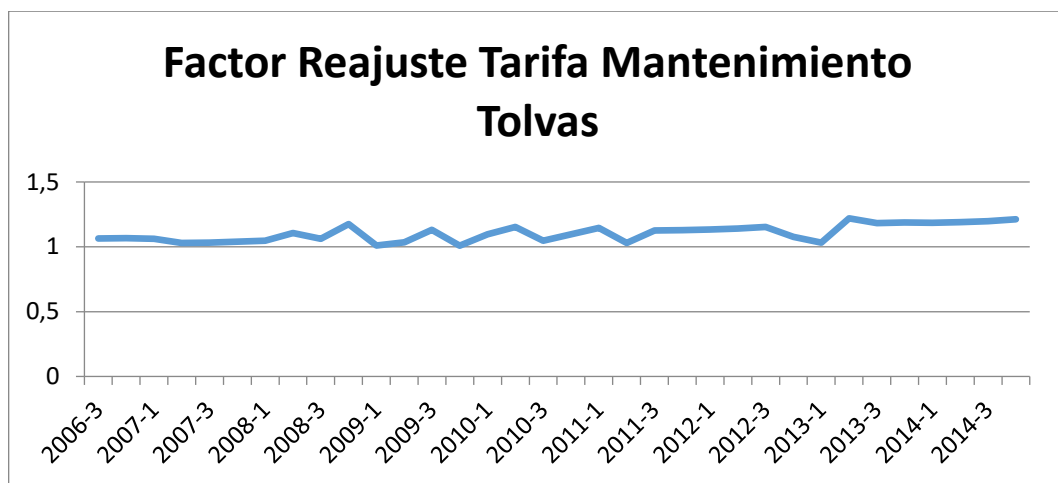
### 2.5.2.1. Reajuste tarifa mantenimiento tolvas

El factor de reajuste de la tarifa de mantenimiento de tolvas viene dada por los indicadores económicos ICMO y UF, la variación de éstos con respecto a su valor base permiten calcular el factor a aplicar trimestralmente en esta tarifa, además de la participación de la variación del precio del acero plancha XAR Plus de 16 mm.

*Factor Reajuste Tolva*

$$= 0,35 * [(0,6 * Var. ICMO) + (0,4 * Var. UF)] + 0,65 * (Var. Precio Acero)$$

El gráfico 2-18 muestra la variación del factor de reajuste aplicado a la tarifa del costo de mantenimiento de tolvas durante los años del contrato del sistema de transporte mina. Debido a la forma de variación del precio del acero, este reajuste no ha sufrido un mayor cambio en el tiempo.



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 2-18. Variación factor reajuste de tarifa mantenimiento tolva histórica del contrato

## 2.6. **MODIFICACIONES REALIZADAS AL MODELO DE VALORIZACIÓN**

Durante la existencia del contrato se han realizados modificaciones al modelo de valorización en mutuo acuerdo entre las partes, siendo la prioridad de éstas la reducción de costos asociados al modelo de valorización. Hasta la fecha se han hecho dos grandes modificaciones detalladas a continuación.

### 2.6.1. Modificaciones año 2014

En el año 2014 se realizaron las modificaciones al modelo de valorización conforme al siguiente detalle:

- a) Se agrega un descuento variable aplicado a todo el modelo, fijado para ese año en US\$900.000.
- b) Se agrega un descuento fijo a la tarifa del costo de mantenimiento de tolvas, fijado en US\$275.000.
- c) Se agrega un descuento fijo aplicable a los componentes e insumos del motor de combustión diesel Cummins, fijado en US\$312.277.

En total estos tres descuentos dan la suma de US\$1.487.277 representando el 1,8% de los costos totales, y son ingresados al modelo de valorización en forma negativa a los costos totales como se muestra en la siguiente formula.

$$\text{Costos Totales}_{Anual} = \text{Costos Fijos}_{Anual} + \text{Costos Variables}_{Anual} - \text{Descuentos}_{Anual}$$

### 2.6.2. Modificaciones año 2015

Este último año se realizó modificaciones significativas al modelo de valorización, las cuales se detallan a continuación:

- a) Se agrega un descuento al costo de componentes de soporte de US\$61.685.
- b) Se agrega un descuento variable al costo de repuestos y componentes como prima de riesgo, éste se fija en 5% del costo total anual de esta partida.
- c) Se agrega un descuento variable al costo de mantenimientos de tolvas como prima de riesgo, éste se fija en 5% del costo total anual de esta partida.
- d) Se realiza el siguiente cambio al cálculo del factor de reajuste del costo de repuestos y componentes representado en la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Factor Reajuste Repuesto} \\ = 0,2[(0,6 * \text{Var. ICMO}) * (0,4 * \text{Var. IPC})] + 0,8 \\ * [(0,4 * \text{Var. CR Camión}) + (0,2 * \text{Var. CR Motor}) + (0,4 \\ * \text{Var. PPI})] \end{aligned}$$

Donde

- IPC: Índice de precios al consumidor
- PPI: Índice de precios al productor

### 2.6.2.1. IPC

El Índice de Precios al Consumidor (IPC) mide la variación de los precios de una canasta de bienes y servicios, consumida por un hogar urbano del Gran Santiago. Su propósito es estimar la inflación (o deflación según sea el caso) doméstica.

El IPC base, para efectos de cálculos de reajustabilidad, es igual a 106,22, correspondiente al valor del primer trimestre de 2015, publicado en diciembre de 2014. Para el cálculo de la variación del IPC se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$Var. IPC = \frac{\text{último IPC publicado}}{IPC base}$$

### 2.6.2.2. PPI

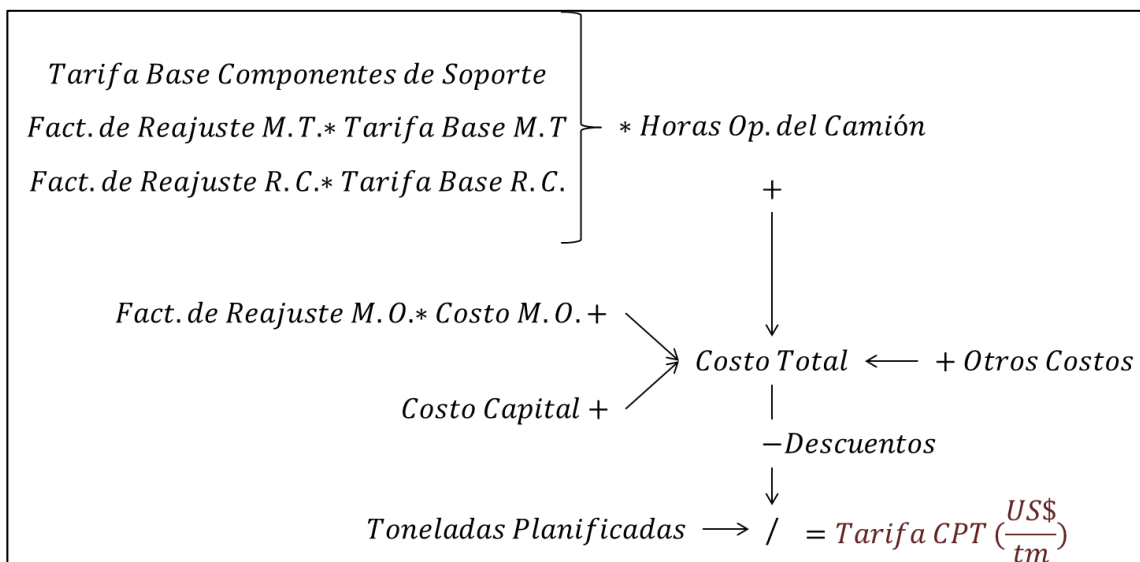
El Índice de Precios al Productor de Estados Unidos, conocido por las siglas PPI (del inglés Producer Price Index) es un indicador económico que mide el cambio medio en los precios que los productores nacionales reciben por la venta de sus productos. También se puede ver como Índice de Precios a la Producción o de Producción (en español con las siglas IPP).

El PPI base, para efectos de cálculos de reajustabilidad, es igual a 260,8, correspondiente al valor del primer trimestre de 2015, publicado en diciembre de 2014. Para el cálculo de la variación del PPI se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$Var. PPI = \frac{\text{último PPI publicado}}{PPI base}$$

## 2.7. RESUMEN CÁLCULO CPT

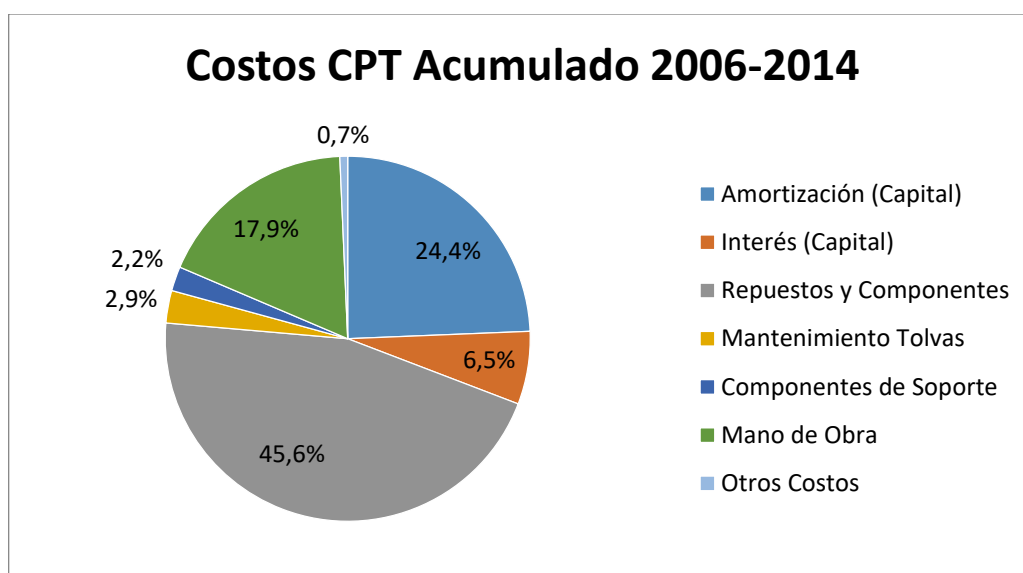
Finalmente el diagrama de la figura 2-2 explica, de manera reducida, cómo se origina la tarifa unitaria del modelo de valorización expuesto en los puntos anteriores. El diagrama corresponde a la configuración del modelo incluyendo las modificaciones de los años 2014 y 2015.



Fuente: Creación propia en base a estudio del modelo de valorización

Figura 2-2. Diagrama cálculo CPT

Además, los costos del modelo de valorización se distribuyeron conforme a lo mostrado en el gráfico 2-19, donde están los porcentajes de cada costo con respecto al costo total acumulado entre los años 2006 y 2014, siendo el de mayor magnitud el costo de repuestos y componentes, seguido del costo capital.



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 2-19. Distribución costos CPT 2006-2014

**CAPITULO 3: PROPUESTAS DE RENOVACIÓN DEL MODELO DE  
VALORIZACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS RENTABLE**

### **3. PROPUESTAS DE RENOVACIÓN DEL MODELO DE VALORIZACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS RENTABLE**

#### **3.1. OBJETIVO DE LA RENOVACIÓN DEL CONTRATO**

Conforme a lo señalado en el contrato establecido en el año 2006, el contrato de servicios de transporte mina tiene una duración de diez años, por lo tanto se encuentra en proceso de renovación, para esto la Minera ha dispuesto disminuir los costos del actual contrato debido al delicado momento que está pasando el precio del cobre y la industria minera a nivel mundial. Respondiendo a este llamado Komatsu Chile ha diseñado dos propuestas de renovación, que tienen como fin satisfacer esta necesidad. La renovación del contrato contempla una extensión de éste en 8 años, hasta el año 2023.

#### **3.2. PROPUESTAS DE RENOVACIÓN**

Las propuestas fueron presentadas por la empresa Komatsu Chile a petición de Minera Los Pelambres, contemplando peticiones de modificación al modelo de valorización y vida útil de los camiones señalados por la Minera. Las alternativas de renovación afectan directamente el modelo de valorización del contrato de sistema de transporte mina conforme a lo indicado en cada una de ellas a continuación.

##### **3.2.1. Caso Base: Mantener modelo de valorización actual y vida útil de los camiones en 60.000 horas**

La primera opción para la Minera es mantener el modelo de valorización de acuerdo a la estructura de costos indicadas en el capítulo 2, correspondiente al Caso Base, además mantener la vida útil de los camiones tal cual se encuentra dispuesto en el contrato actual, 60.000 horas, incluyendo las modificaciones del año 2014 y 2015 presentados en el mismo capítulo.

##### **3.2.2. Propuesta 1: Modificar modelo de valorización y vida útil de los camiones en 90.000 horas**

La Propuesta 1 de Komatsu Chile contempla eliminar los descuentos aplicados en las modificaciones del año 2014 y 2015 y aplicarlos dentro del cálculo del costo de cada partida afectada pertenecientes al modelo de valorización, de esta manera las partidas modificadas son:

- Costos Variables:
  - Costo Repuestos y Componentes
  - Costo Mantenimiento Tolva
- Costos Fijos:
  - Costo Mano de Obra
  - Costo Componentes de Soporte

Además, esta propuesta contempla la extensión de la vida útil del camión minero de 10 años a 15 años operativos, es decir de 60.000 horas a 90.000 horas a petición de la Minera; con esto se agregan 5 nuevos tramos a las tarifas horarias de los costos de repuestos y componentes y mantenimiento de tolvas, los cuales se enumeran en la tabla 3-1. Es importante señalar que los tramos agregados resultan ser, en su mayoría, más caros que los tramos que se contemplan antes de las 60.000 horas, especialmente en el caso del costo de mantenimiento de tolvas. Para el caso del costo de componentes de soporte, éste contempla agregar los 5 tramos necesarios ocupando el mismo precio que los tramos anteriores.

Tabla 3-1. Nuevas tarifas bases Propuesta 1

Tarifa Variable		Costo Repuestos y Componentes (US\$/hr)	Costo Mantenimiento Tolvas (US\$/hr)
Tramo	Rango Horas		
1	0-6.000	16,27	7,52
2	6.000-12.000	46,4	5,52
3	12.000-18.000	111,2	6,85
4	18.000-24.000	71,5	4,63
5	24.000-30.000	97,13	5,07
6	30.000-36.000	81,77	4,83
7	36.000-42.000	52,34	5,52
8	42.000-48.000	129,01	5,16
9	48.000-54.000	55,77	5,60
10	54.000-60.000	93,99	8,12
<b>11</b>	<b>60.000-66.000</b>	<b>93,99</b>	<b>8,12</b>
<b>12</b>	<b>66.000-72.000</b>	<b>53,83</b>	<b>8,49</b>
<b>13</b>	<b>72.000-78.000</b>	<b>122,43</b>	<b>9,61</b>
<b>14</b>	<b>78.000-84.000</b>	<b>121,23</b>	<b>8,80</b>
<b>15</b>	<b>84.000-90.000</b>	<b>71,73</b>	<b>8,80</b>

Fuente: Propuesta de renovación, Komatsu Chile

El descuento aplicado al costo de repuesto y componentes, se consigna directamente en el precio de las tarifas de cada tramo horario, conforme a los descuentos detallados a continuación:

- Rebaja en tarifa por acuerdo comercial entre Komatsu Chile y AMSA, condicionada al cumplimiento del acuerdo, el cual limita a AMSA a trabajar con los servicios de mantenimiento y provisión de camiones mineros de Komatsu en los sistemas de transporte mina en todas sus faenas.
- Descuento en tarifa de 5% asociada al concepto prima por riesgo. En el Caso Base este descuento se aplicaba directamente a los costos totales según el acuerdo del año 2015.
- Rebaja en tarifa por el aumento de ACL (Average Component Life), el cual se justifica por el aumento de vida útil de los componentes del camión al ser utilizados por más de 60.000 horas y el riesgo que conlleva realizar esto en cuanto a confiabilidad y mantenibilidad.
- Rebaja en tarifa condicionada a exclusiones en las reparaciones de componentes mayores mencionadas en la tabla 3-2 a partir de las 60.000 horas de vida de cada camión. Este descuento se aplica a los tramos superiores a 60.000 horas.

Tabla 3-2. Exclusiones en reparaciones de nueva propuesta

Componente	Exclusiones
Alternador Principal	Bobina del alternador, rotor del alternador, trabajo talleres externos
Blower	Recambio y/o reparación de armadura
Motor Eléctrico AC	Excluye Frame Head y servicio reparación estator
Transmisión AC	Recambio y/o reparación de eje y frame de motor
Suspensión Delantera	Recambio y/o reparación de vástago de la suspensión
Caja de Parillas	Recambio de Grid louver

Fuente: Propuesta de renovación, Komatsu Chile

Finalmente las nuevas tarifas bases horarias del costo de repuestos y componentes para la propuesta realizada son las mostradas en la tabla 3-3, la cual incluye el porcentaje de descuento aplicado a cada tramo.

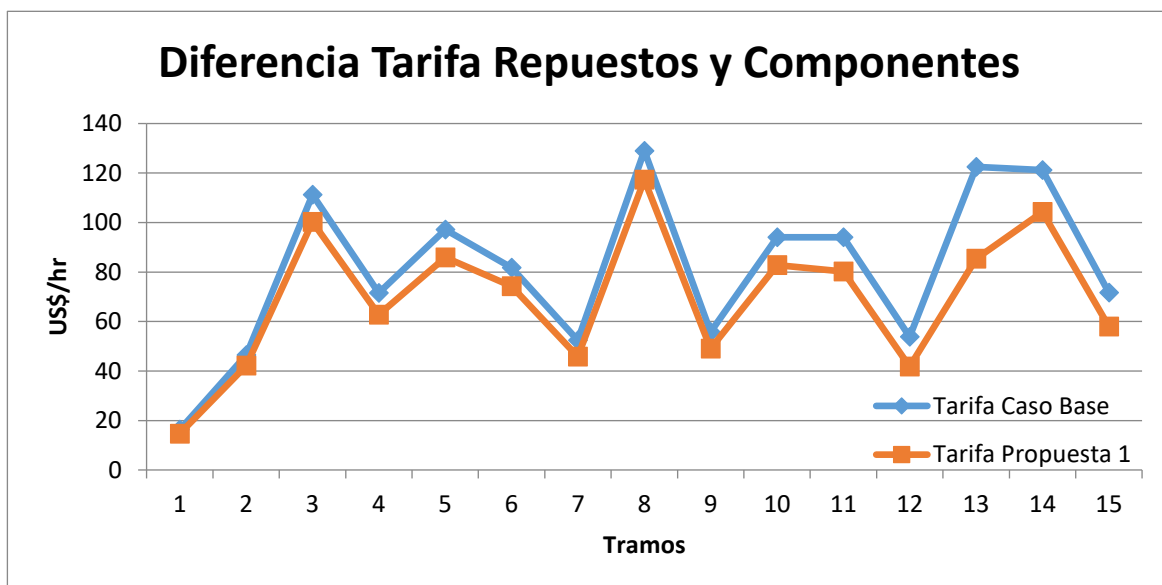
Tabla 3-3. Tarifa base costo de repuestos y componentes aplicando descuento

Tarifa Variable		Costo Repuestos y Componentes Caso Base (US\$/hr)	Costo Repuestos y Componentes Propuesta 1 (US\$/hr)	% Diferencia
Tramo	Rango Horas			
<b>1</b>	0-6.000	16,27	14,68	9,8%
<b>2</b>	6.000-12.000	46,4	42,14	9,2%
<b>3</b>	12.000-18.000	111,2	100,23	9,9%
<b>4</b>	18.000-24.000	71,5	62,74	12,3%
<b>5</b>	24.000-30.000	97,13	85,93	11,5%
<b>6</b>	30.000-36.000	81,77	74,27	9,2%
<b>7</b>	36.000-42.000	52,34	45,75	12,6%
<b>8</b>	42.000-48.000	129,01	117,27	9,1%
<b>9</b>	48.000-54.000	55,77	49,06	12,0%
<b>10</b>	54.000-60.000	93,99	82,82	11,9%
<b>11</b>	60.000-66.000	93,99	80,18	14,7%
<b>12</b>	66.000-72.000	53,83	41,81	22,3%
<b>13</b>	72.000-78.000	122,43	85,43	30,2%
<b>14</b>	78.000-84.000	121,23	104,32	14,0%
<b>15</b>	84.000-90.000	71,73	57,92	19,3%

Fuente: Propuesta de renovación, Komatsu Chile

El descuento aplicado a la tarifa del costo de repuestos y componentes no se distribuye homogéneamente en cada uno de sus tramos, sin embargo el descuento promedio realizado a esta partida, por concepto de rebaja de la tarifa base corresponde a 13,9%.

En el gráfico 3-1 se muestran las diferencias aplicadas en cada tramo de la tarifa del costo de repuestos y componentes, siendo las de mayor rebaja los 5 últimos tramos agregados en esta propuesta con un 20,10% en promedio, mientras desde el tramo 1 al 10 presentan en promedio un descuento equivalente a 10,75%. Esta diferencia se debe al descuento aplicado en los últimos tramos por concepto de no realizar reparaciones y/o reposiciones de los componentes mencionados anteriormente.



Fuente: Creación propia en base a datos entregados por Komatsu Chile

Gráfico 3-1. Diferencia tarifa de repuestos y componentes Caso Base y Propuesta 1

En cuanto al costo de mantenimientos de tolvas, las tarifas bases horarias no se modifican, sin embargo los dos descuentos efectuados en las modificaciones del año 2014 y 2015 se integran al cálculo del costo anual de esta tarifa quedando de la siguiente forma:

$$Costo Tolva_{Total} = \sum_{i=1}^n Costo Tolva_i - Descuento Prima Riesgo 5\% - Descuento Fijo$$

$$Costo Tolva_i = \sum_{j=1}^{10} Horas Tramo_j * Tarifa Tramo Tolva_j * Factor Reajuste Tolva$$

El descuento aplicado al costo de mantenimiento de tolvas es igual a 16,09% en comparación al costo total anual de ésta partida en el Caso Base.

Referente a las modificaciones realizadas al costo de mano de obra e infraestructura, el descuento aplicado a éste se justifica por la reducción de personal del contrato, explicado por cuatro motivos presentados por la Minera los cuales se indican a continuación:

- Disminución del ausentismo actual desde un 12% a un 8%
- Disminución del porcentaje de disponibilidad física exigida a la flota de camiones, de un 87,7% real actual a un 84% de disponibilidad.
- Disminución del personal en faena bajo la modalidad de trabajo remoto aplicado a labores administrativas.
- Reducción de la dotación del contrato generada por duplicidad de cargos en empresas contratistas.

La reducción del costo aplicado equivale a un 13,05% del costo total de esta partida, originada por una disminución del 16% en el personal total del contrato y la movilización del 10,5% del personal fuera de faena. En total la reducción efectiva del personal en faena corresponde a un 23,46%.

En relación a la reducción del costo asociado a la partida de componentes de soporte, se aplica el mismo descuento originado en la modificación del modelo de valorización del año 2014, siendo este descuento aplicado directamente a las tarifas horarias de este costo, indicada según la tabla 3-4. Este descuento equivale a un 3,28% del costo total de esta partida.

Tabla 3-4. Tarifa horaria costo componente de soporte de propuesta

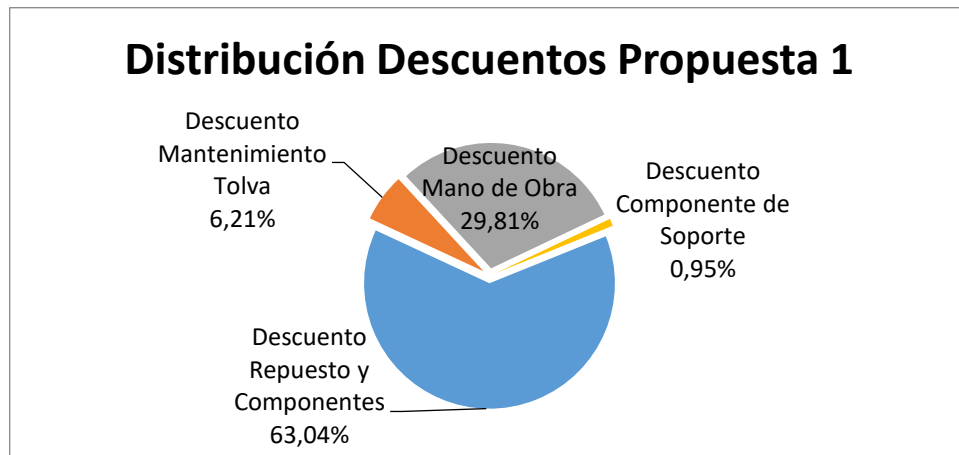
Tramo	Rango Horas	Costo (US\$/Hr)		% Diferencia
		Caso Base	Propuesta 1	
<b>1</b>	0-6.000	6,10	5,90	3,28%
<b>2</b>	6.000-12.000	6,10	5,90	3,28%
<b>3</b>	12.000-18.000	6,10	5,90	3,28%
<b>4</b>	18.000-24.000	6,10	5,90	3,28%
<b>5</b>	24.000-30.000	6,10	5,90	3,28%
<b>6</b>	30.000-36.000	6,10	5,90	3,28%
<b>7</b>	36.000-42.000	6,10	5,90	3,28%
<b>8</b>	42.000-48.000	6,10	5,90	3,28%
<b>9</b>	48.000-54.000	6,10	5,90	3,28%
<b>10</b>	54.000-60.000	6,10	5,90	3,28%
<b>11</b>	60.000-66.000	6,10	5,90	3,28%
<b>12</b>	66.000-72.000	6,10	5,90	3,28%
<b>13</b>	72.000-78.000	6,10	5,90	3,28%
<b>14</b>	78.000-84.000	6,10	5,90	3,28%
<b>15</b>	84.000-90.000	6,10	5,90	3,28%

Fuente: Propuesta de renovación, Komatsu Chile

En resumen el descuento aplicado a cada partida con respecto al costo anual de estos en el Caso Base se detallan a continuación:

- Descuento costo de repuestos y componentes : 13,9%
- Descuento costo mantenimiento de tolvas : 16,09%
- Descuento costo de mano de obra : 13,05
- Descuento costo de componentes de soporte : 3,28%

Cada descuento aplicado en las partidas en la Propuesta 1 tienen un impacto a la suma de éstos distribuido como se muestra en el gráfico 3-2, en donde el de mayor relevancia lo tiene el descuento aplicado al costo de repuestos y componentes con un 63,04%, mientras el de menor relevancia corresponde al descuento aplicado al costo de componentes de soporte con un 0,95% con respecto al ahorro total producido por los descuentos aplicados.



Fuente: Creación propia en base a datos entregados por Komatsu Chile

Gráfico 3-2. Descuentos Propuesta 1

Las exclusiones mostradas en la tabla 3-2 son un acuerdo relevante en la Propuesta 1 de renovación del modelo de valorización, pues como dice la propuesta, en caso de falla de los subcomponentes mencionados, es de cargo de la Minera asumir con la reposición y costo del componente, es por esto la necesidad de estudiar más a fondo el efecto que puede provocar sobre el ahorro proporcionado en esta negociación.

### 3.2.3. Propuesta 2: Modificar modelo de valorización y vida útil de los camiones en 60.000 horas

Esta propuesta contempla las mismas modificaciones explicadas en el punto 3.2.2 con los descuentos aplicados a cada partida afectada, pero utilizando sólo 10 tramos horarios debido a la permanencia de la vida útil del camión en 60.000 horas. Con esto se pretende cubrir la incertidumbre dada por la propuesta de aumentar la vida útil del camión y desconocer su comportamiento después de los 10 años operativos recomendados por la fábrica, como también la proposición de comprometer a la Minera en la compra de los componentes excluidos si estos fallan superada las 60.000 horas.

### 3.3. PROYECCIÓN DEL MODELO DE VALORIZACIÓN

Se diseñó una planilla electrónica Excel para poder realizar las proyecciones de la tarifa CPT hasta el año 2023 (ANEXO D), para ello se dispuso realizar dos tipos de proyecciones conforme al comportamiento de los indicadores económicos que reajustan trimestralmente al modelo de valorización. La primera es de una forma simple en donde los indicadores económicos se mantienen fijos de acuerdo a los datos obtenidos en el tercer trimestre del año 2015, y la otra proyección se genera reajustando los indicadores económicos de acuerdo al comportamiento previo de éstos.

#### 3.3.1. Proyección con indicadores económicos fijos

Para la proyección con indicadores económicos fijos se utilizaron los valores registrados de cada indicador en el tercer trimestre del año 2015, los valores obtenidos se encuentran en la tabla 3-5, además de la variación aplicada para cada indicador económico.

Tabla 3-5. Indicadores económicos proyección fija

<b>Indicador Económico</b>	<b>Valor</b>	<b>Variación</b>
<b>Libor</b>	0,28360%	-
<b>UF</b>	CL\$ 25.086,58	1,4046
<b>ICMO</b>	141,1	1,8414
<b>IPC</b>	108,68	1,0231
<b>PPI</b>	262,2	1,0053
<b>Canasta Camión</b>	US\$ 105.674,59	1,8312
<b>Canasta Motor</b>	US\$ 2.286,45	1,6824
<b>Precio Acero</b>	US\$ 965,00	1,1668

Fuente: Creación propia en base a investigación de mercado y datos entregados por Komatsu Chile

De esta manera los factores de reajuste para cada partida afectada a reajustabilidad, quedan fijos según los datos de la tabla 3-6.

Para caso del factor de reajuste del costo de repuesto y componentes pasar a ser de 1,7195 en el trimestre 4 del año 2014 a 1,4797, pues a partir de la modificación del año 2015 la variación del UF, que afectaba el cálculo de éste, fue modificado por el IPC siendo la variación de éste indicador mucho menor a la variación del UF.

Tabla 3-6. Factores de reajuste para proyección con indicadores fijos

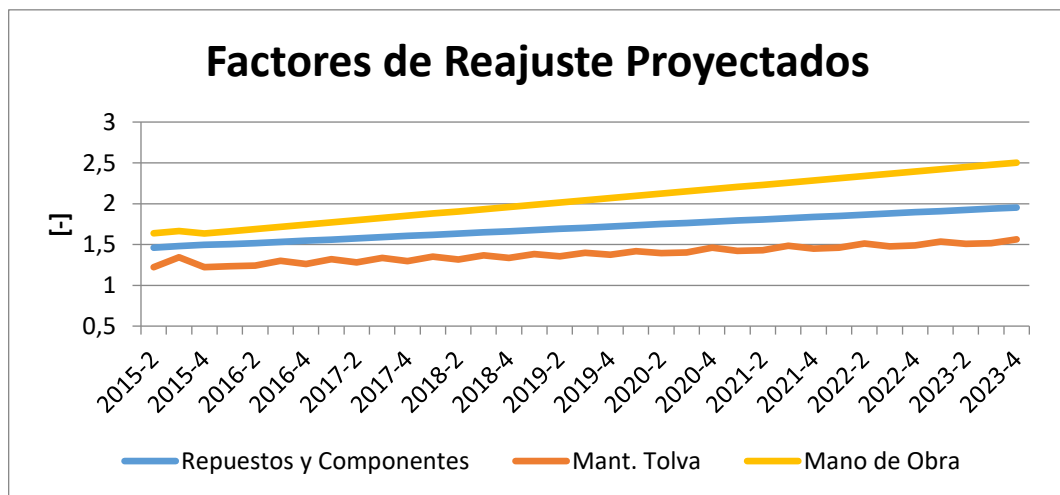
Partida	Factor Reajuste
<b>Mano de Obra</b>	1,6667
<b>Repuestos y Componentes</b>	1,4797
<b>Mantenimiento Tolvas</b>	1,3418

Fuente: Creación propia en base a cálculos

3.3.2. Proyección con reajustabilidad de indicadores económicos

El cálculo de la tarifa unitaria reajustando los indicadores económicos se realizó utilizando dos métodos de proyección, uno de ellos es aplicando dos herramientas para proyectar los indicadores de Libor, ICMO, UF, IPC y PPI, primero a través de los promedios móviles con factor de suavizamiento se eliminan las fluctuaciones aleatorias, proporcionando datos menos distorsionados del comportamiento real de mismo, así se pronostica primero el último valor registrado, por último a partir de los últimos 3 registros trimestrales anteriores al suavizado más el entregado por la media móvil, aplicar la regresión lineal. Para el caso de los precios de la canasta de repuestos del camión y motor y el precio del acero se usó una regresión lineal histórica para proyectar la variación de éstos.

El gráfico 3-3 muestra el resultado de proyectar los factores de reajuste, en donde el que tiene mayor alza en el tiempo es el factor que reajusta el costo de mano de obra e infraestructura debido al alza creciente del ICMO registrado en el último año.



Fuente: Creación propia en base a cálculos

Gráfico 3-3. Factores de reajuste proyectados

### 3.3.3. Parámetros para proyección

Para realizar la proyección de la tarifa CPT se han utilizado los datos entregados por planificación mina de Minera Los Pelambres, quienes han proyectado el funcionamiento total de la extracción de mineral (mineral y estéril) hasta el año 2023. De acuerdo a los datos entregados (tabla 3-7), planificación mina proporcionó los parámetros necesarios para poder cumplir con el plan de extracción, esto contempla:

- Número de camiones por año
- Horas totales programadas para la flota de camiones por año
- Toneladas totales movidas por año

En cuanto a las toneladas movidas por año éstas consideran tanto las toneladas movidas de mineral como las de estéril.

Tabla 3-7. Parámetros para la proyección

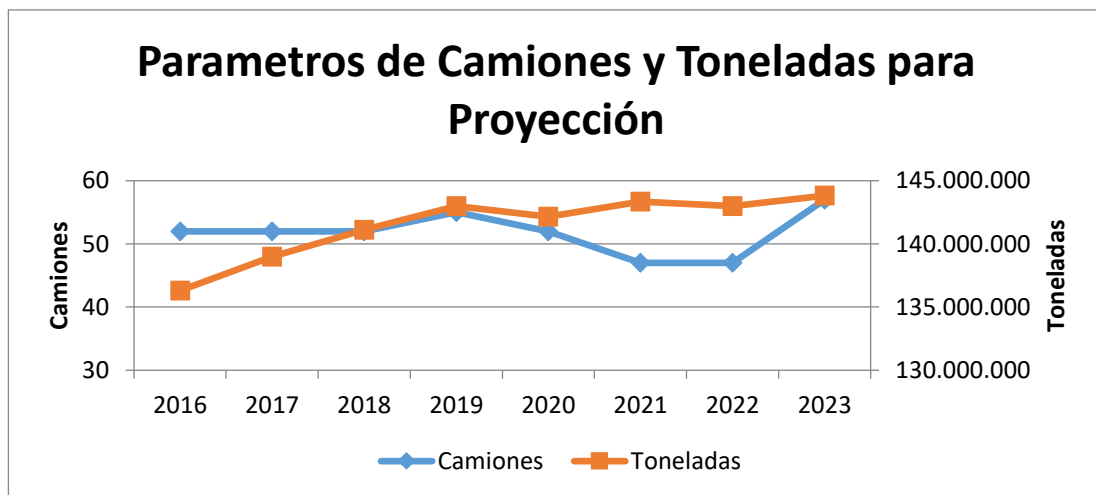
<b>Año</b>	<b>Camiones</b>	<b>Horas Totales Programadas</b>	<b>Toneladas Programadas</b>
<b>2016</b>	52	312.696	136.303.200
<b>2017</b>	52	312.696	138.999.693
<b>2018</b>	52	312.662	141.112.171
<b>2019</b>	55	330.755	142.979.280
<b>2020</b>	52	312.987	142.148.218
<b>2021</b>	47	282.575	143.339.283
<b>2022</b>	47	282.575	143.002.759
<b>2023</b>	57	342.762	143.817.404

Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Las horas anuales programadas de camión son directamente proporcional al número total de la flota de camiones por año, no así con las toneladas programadas, ya que este parámetro depende de varios factores para su cálculo (punto 2.2.1), como por ejemplo las distancias que hay desde el punto de extracción hasta el punto de entrega del mineral, de esta forma la relación que se refleja entre el número de camiones y las toneladas planificadas (gráfico 3-4) no necesariamente tendrán la misma tendencia, como por ejemplo entre los años 2020 y 2022 en donde disminuye considerablemente el número de la flota, pero aumentan las toneladas planificadas, posiblemente por la disminución de las distancias a recorrer por los camiones.

Además se considera el precio de entrada de los camiones, interés spread y el número de cuotas de amortización igual al penúltimo camión ingresado en la flota, es decir el CA-102, acorde a esto, los parámetros de proyección para calcular el costo capital y costo por salida anticipada son:

- Precio entrada: US\$ 5.186.382
- Interés Spread: 4,5%
- Número de Cuotas: 120 cuotas



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 3-4. Parámetros para la proyección

Tanto el Caso Base como ambas propuestas de renovación se proyectaron utilizando los parámetros anteriormente mencionados.

### 3.3.4. Resultados de la proyección

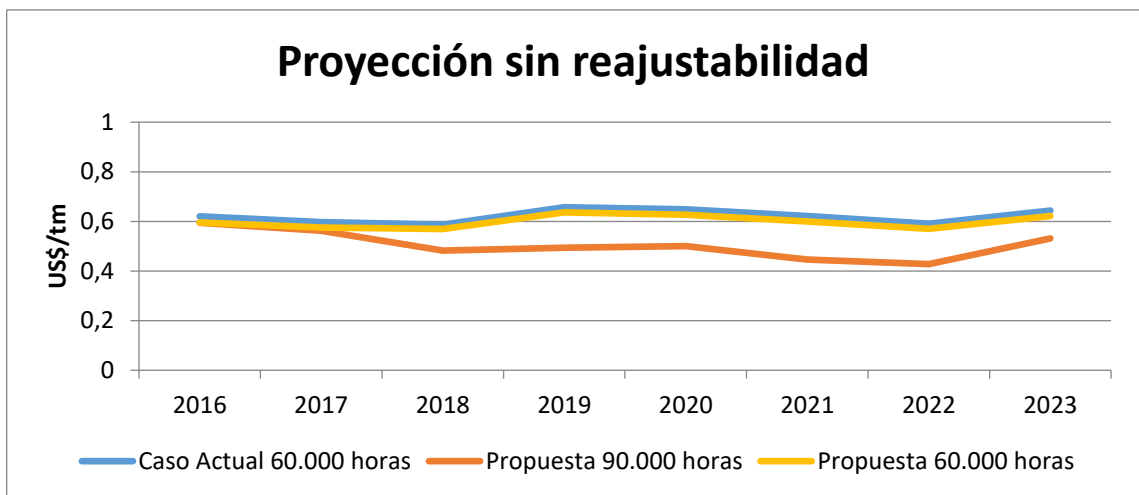
Tabla 3-8. Diferencias entre forma de proyectar

Sin Reajustabilidad	Con Reajustabilidad
Genera una proyección sin considerar las fluctuaciones del mercado	Permite una proyección que considera las fluctuaciones del mercado conforme al último año.
Permite una comparación real entre las propuestas a precio de hoy.	La comparación entre las propuestas es simulada e incluye factor de riesgo.
Permite tomar decisión entre alternativas de propuesta más rentable	Permite generar presupuestos a Minera Los Pelambres

Fuente: Creación propia en base a estudio

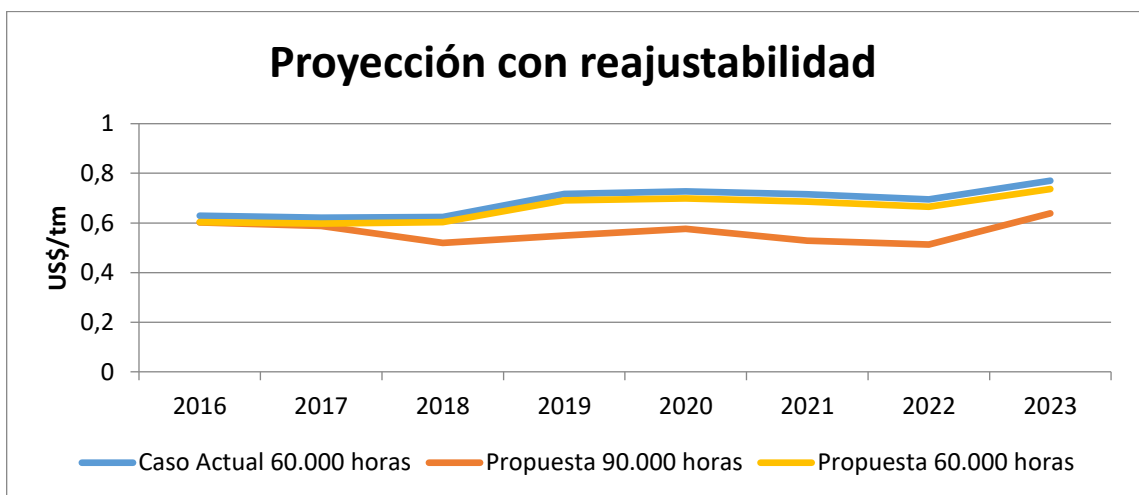
Los resultados de las proyecciones están dispuestos para ambas formas de proyección anteriormente descritas, definidas como "sin reajustabilidad" y "con reajustabilidad", el uso de estas dos proyecciones tienen las características presentadas en la tabla 3-8

Los gráficos mostrados a continuación son las proyecciones del modelo de valorización, utilizando los parámetros indicados por planificación mina. El gráfico 3-5 muestra el modelo sin aplicar reajustabilidad, mientras el Gráfico 3-6 considera reajustabilidad en los indicadores económicos.



Fuente: Creación propia en base a cálculos

Gráfico 3-5. Proyección sin reajustabilidad



Fuente: Creación propia en base a cálculos

Gráfico 3-6. Proyección con reajustabilidad

Tabla 3-9. Proyección Caso Base

Caso Base - Camiones con 60.000 horas (US\$)								
Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Costo Amortización	\$ 21.639.495	\$ 23.937.540	\$ 26.225.724	\$ 27.655.538	\$ 25.208.275	\$ 24.272.046	\$ 24.272.046	\$ 29.080.025
Costo Interés	\$ 3.195.943	\$ 6.031.982	\$ 7.924.124	\$ 8.911.824	\$ 8.232.087	\$ 7.047.266	\$ 5.866.926	\$ 7.914.262
Costo Capital	\$ 24.835.438	\$ 29.969.522	\$ 34.149.848	\$ 36.567.362	\$ 33.440.362	\$ 31.319.312	\$ 30.138.972	\$ 36.994.287
Costo Repuesto y Componentes	\$ 45.243.004	\$ 39.224.089	\$ 35.802.783	\$ 46.054.179	\$ 50.889.431	\$ 53.743.924	\$ 50.722.296	\$ 49.000.539
Costo Mantenimiento Tolva	\$ 2.414.878	\$ 2.617.586	\$ 2.517.728	\$ 2.773.741	\$ 2.386.495	\$ 2.092.568	\$ 2.082.714	\$ 2.947.092
Costo Mano de Obra	\$ 15.048.092	\$ 15.971.122	\$ 16.894.154	\$ 18.845.099	\$ 18.740.215	\$ 17.772.549	\$ 18.606.827	\$ 23.577.510
Costo Componente de Soporte	\$ 1.860.681	\$ 1.907.472	\$ 1.907.472	\$ 2.017.518	\$ 1.907.472	\$ 1.724.061	\$ 1.724.061	\$ 2.090.883
Otros Costos	\$ 258.277	\$ 258.277	\$ 258.277	\$ 258.277	\$ 258.277	\$ 258.277	\$ 258.277	\$ 258.277
Descuento	-\$ 3.900.666	-\$ 3.619.132	-\$ 3.445.212	-\$ 3.965.095	-\$ 4.184.770	-\$ 4.309.725	-\$ 4.160.679	-\$ 4.122.612
Costo Total	\$ 85.759.704	\$ 86.328.936	\$ 88.085.050	\$ 102.551.081	\$ 103.437.482	\$ 102.600.966	\$ 99.372.468	\$ 110.745.976
CPT c/Capital	0,6291835	0,621073	0,62422	0,71724425	0,7276735	0,715791	0,69489925	0,770046
CPT s/Capital	0,446976	0,4054645	0,382215	0,46149125	0,49242375	0,49729325	0,484141	0,51281475

Fuente: Creación propia en base a cálculos

Tabla 3-10. Proyección Propuesta 1

Propuesta 1 - Camiones con 90.000 horas (US\$)								
Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Costo Amortización	\$ 20.991.196	\$ 15.855.428	\$ 12.179.276	\$ 10.756.583	\$ 7.368.742	\$ 7.123.886	\$ 11.316.213	\$ 19.824.086
Costo Interés	\$ 2.886.227	\$ 2.272.770	\$ 1.743.177	\$ 2.003.616	\$ 1.582.828	\$ 1.236.392	\$ 2.984.794	\$ 7.883.644
Costo Capital	\$ 23.877.423	\$ 18.128.198	\$ 13.922.453	\$ 12.760.199	\$ 8.951.570	\$ 8.360.278	\$ 14.301.007	\$ 27.707.730
Costo Repuesto y Componentes	\$ 41.072.946	\$ 45.265.201	\$ 40.156.052	\$ 44.106.796	\$ 51.785.220	\$ 47.421.632	\$ 38.270.085	\$ 38.116.964
Costo Mantenimiento Tolva	\$ 2.026.632	\$ 2.299.469	\$ 2.514.966	\$ 2.992.033	\$ 2.859.758	\$ 2.603.590	\$ 2.668.338	\$ 3.225.608
Costo Mano de Obra	\$ 13.083.523	\$ 13.886.050	\$ 14.688.576	\$ 16.384.821	\$ 16.293.630	\$ 15.452.296	\$ 16.177.656	\$ 20.499.404
Costo Componente de Soporte	\$ 1.799.675	\$ 1.844.996	\$ 1.844.932	\$ 1.951.370	\$ 1.844.932	\$ 1.667.535	\$ 1.667.535	\$ 2.022.329
Otros Costos	\$ 258.277	\$ 258.277	\$ 258.277	\$ 258.277	\$ 258.277	\$ 258.277	\$ 258.277	\$ 258.277
Descuento	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costo Total	\$ 82.118.476	\$ 81.682.191	\$ 73.385.256	\$ 78.453.496	\$ 81.993.387	\$ 75.763.608	\$ 73.342.898	\$ 91.830.312
CPT c/Capital	0,60247	0,587643	0,520049	0,548705	0,576816	0,528561	0,512878	0,63852
CPT s/Capital	0,42729	0,457224	0,421387	0,45946	0,513843	0,470236	0,412872	0,445861

Fuente: Creación propia en base a cálculos

Tabla 3-11. Proyección Propuesta 2

Propuesta 2 - Camiones con 60.000 horas (US\$)								
Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Costo Amortización	\$ 21.639.495	\$ 23.937.540	\$ 26.225.724	\$ 27.655.538	\$ 25.208.275	\$ 24.272.046	\$ 24.272.046	\$ 29.080.025
Costo Interés	\$ 3.195.943	\$ 6.031.982	\$ 7.924.124	\$ 8.911.824	\$ 8.232.087	\$ 7.047.266	\$ 5.866.926	\$ 7.914.262
Costo Capital	\$ 24.835.438	\$ 29.969.522	\$ 34.149.848	\$ 36.567.362	\$ 33.440.362	\$ 31.319.312	\$ 30.138.972	\$ 36.994.287
Costo Repuesto y Componentes	\$ 40.213.606	\$ 34.860.030	\$ 32.046.869	\$ 41.330.404	\$ 45.529.347	\$ 47.921.940	\$ 45.240.996	\$ 43.623.323
Costo Mantenimiento Tolva	\$ 2.021.506	\$ 2.209.595	\$ 2.115.286	\$ 2.358.707	\$ 1.991.653	\$ 1.714.724	\$ 1.705.288	\$ 2.523.264
Costo Mano de Obra	\$ 13.083.523	\$ 13.886.050	\$ 14.688.576	\$ 16.384.821	\$ 16.293.630	\$ 15.452.296	\$ 16.177.656	\$ 20.499.404
Costo Componente de Soporte	\$ 1.799.675	\$ 1.844.932	\$ 1.844.932	\$ 1.951.370	\$ 1.844.932	\$ 1.667.535	\$ 1.667.535	\$ 2.022.329
Otros Costos	\$ 258.277	\$ 258.277	\$ 258.277	\$ 258.277	\$ 258.277	\$ 258.277	\$ 258.277	\$ 258.277
Descuento	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costo Total	\$ 82.212.025	\$ 83.028.406	\$ 85.103.788	\$ 98.850.941	\$ 99.358.201	\$ 98.334.084	\$ 95.188.724	\$ 105.920.884
CPT c/Capital	0,603156	0,597328	0,603093	0,691366	0,698976	0,686023	0,665643	0,736496
CPT s/Capital	0,420948	0,381719	0,361088	0,435613	0,463726	0,467525	0,454884	0,479265

Fuente: Creación propia en base a cálculos

En las tablas anteriores se muestran las tablas correspondientes a cada propuesta proyectada. Cada una de ellas contiene las proyecciones sin reajustabilidad anual hasta el año 2023. La primera tabla corresponde al Caso Base de las propuestas de renovación, la segunda tabla pertenece a la Propuesta 1 presentado por Komatsu Chile, mientras la tercera tabla muestra la Propuesta 2.

### **3.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA**

La evaluación económica es una herramienta que permite visualizar las ventajas y desventajas de una propuesta respecto a la otra, considerando sus costos y beneficios por medio de la comparación, con miras a determinar si el cociente que expresa la relación entre las alternativas propuestas presenta o no ventajas mayores que las que se obtendrían con respecto al Caso Base. De esta manera el estudio de la rentabilidad entregada por cada propuesta dada por Komatsu Chile es un indicador propicio para tal objetivo.

La rentabilidad de una evaluación económica es la diferencia entre los beneficios generados y los costos absorbidos, y permite determinar, por medio de este cálculo, cual alternativa entrega una tasa de ahorro mayor con respecto al Caso Base presente en el actual contrato del servicio de transporte mina. Para ello se presenta a continuación las diferencias monetarias totales entre las propuestas con respecto al Caso Base.

#### **3.4.1. Diferencia Propuesta 1 con respecto al Caso Base**

La tabla 3-12 muestra las sumas totales por partida de la proyección sin reajustabilidad entre los años 2016 y 2023 para el Caso Base y la Propuesta 1, además de las diferencias económicas entre ellas por partida considerando también una diferencia porcentual.

Los resultados entregados muestran una rentabilidad a favor de la Propuesta 1 igual a 132 millones de dólares, equivalente a un ahorro del 18,8% con respecto al Caso Base, acumulado entre los 8 años de extensión prevista para el contrato de sistema de transporte mina. Cabe destacar que el mayor ahorro se percibe en el costo capital del contrato, teniendo éste una disminución equivalente al 50% con respecto al costo capital del Caso Base, repartidos entre los costos de amortización y los costos de interés, explicados en el punto 0, y el impacto que tiene sobre el ahorro total de la Propuesta 1 es de un 96,8%, de tal manera que se puede afirmar que el ahorro neto de esta propuesta se encuentra determinada por el costo capital.

Las demás partidas sólo representan un 3,4% del ahorro total, siendo las de mayor realce las producidas en el costo de repuestos y componentes y en el costo de mano de obra e infraestructura con un 14,6% y 11,6% de ahorro en relación al ahorro total respectivamente. Sin embargo el costo de mantenimiento de tolvas genera un

gasto mayor que el generado por el Caso Base. De esta manera los descuentos aplicados a la Propuesta 1, en comparación a los descuentos existentes en el Caso Base fueron superiores solamente en un 15%, equivalente a 4,3 millones de dólares.

Para el caso del costo de mano de obra e infraestructura, éste disminuye su valor acumulado en un 3,3% con respecto al Caso Base, siendo atribuible al descuento aplicado en esta partida enseñada en la presentación de esta propuesta.

Por último se puede ver que las partidas incluidas en Otros Costos son iguales en ambos casos, pues estos costos no tienen relación con ningún parámetro anteriormente visto, no generando así estos costos ahorro en la Propuesta 1.

Tabla 3-12. Diferencia Caso Base – Propuesta 1

Suma 2016-2023	Caso Base - Propuesta 1 (US\$)			%	%
	Caso Base	Propuesta 1	Diferencia	Diferencia a c/resp Caso Base	Diferencia c/resp Ahorro Total
Costo Amortización	\$ 202.290.689	\$ 105.415.410	\$ 96.875.279	47,9%	73,2%
Costo Interés	\$ 52.487.713	\$ 21.379.585	\$ 31.108.128	59,3%	23,5%
Costo Capital	\$ 254.778.402	\$ 126.794.995	\$ 127.983.407	50,2%	96,8%
Costo Repuesto y Componentes	\$ 322.976.420	\$ 303.683.306	\$ 19.293.114	6,0%	14,6%
Costo Mantenimiento Tolva	\$ 19.968.812	\$ 21.244.063	-\$ 1.275.251	-6,4%	-1,0%
Costo Mano de Obra	\$ 117.296.449	\$ 101.983.086	\$ 15.313.363	13,1%	11,6%
Costo Componente de Soporte	\$ 15.139.620	\$ 14.643.304	\$ 496.316	3,3%	0,4%
Otros Costos	\$ 2.066.216	\$ 2.066.216	\$ -	0,0%	0,0%
Descuento	-\$ 29.538.954	\$ -	-\$ 29.538.954	100,0%	-22,3%
Costo Total	\$ 702.686.965	\$ 570.414.970	\$ 132.271.995	18,8%	100,0%
CPT c/Capital	0,620773	0,504725	0,116048	18,7%	-
CPT s/Capital	0,395918	0,395500	0,000418	0,1%	-

Fuente: Creación propia en base a cálculos

Los costos por tonelada mostrados en la tabla anterior, tanto con capital y sin capital, corresponden al promedio de los costos por toneladas entre los años 2016 y 2023.

#### 3.4.2. Diferencia Propuesta 2 con respecto al Caso Base

La Propuesta 2 por el hecho de contar en su modelo de valorización con las mismas horas de vida útil del camión con respecto al Caso Base, es decir 60.000 horas, no contempla un ahorro en el costo capital, por lo tanto todo el ahorro

correspondiente a la Propuesta 2 están netamente vinculadas a los descuentos realizados a esta propuesta.

Considerando los descuentos existentes en el Caso Base y el ahorro producido en esta negociación se deduce que los descuentos aplicados al modelo aumentan en un 84% más en relación al ahorro que ofrecen los descuentos de las negociaciones del 2014 y 2015 presentes en el Caso Base. Sin embargo esto no es muy significativo considerando el ahorro total de la Propuesta 2, pues solamente se tiene una rentabilidad del 3,5% equivalente a poco más de 24 millones de dólares.

Tabla 3-13. Diferencia Caso Base – Propuesta 2

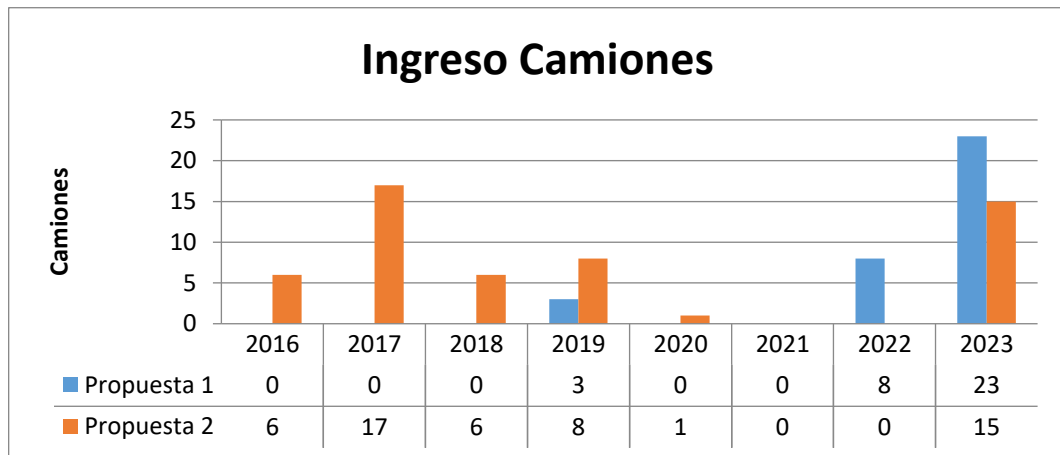
Suma 2016-2023	Caso Base - Propuesta 2 (US\$)			%	%
	Caso Base	Propuesta 2	Diferencia	Diferencia a c/resp Caso Base	Diferencia c/resp Ahorro Total
Costo Amortización	\$ 202.290.689	\$ 202.290.689	\$ -	0,0%	0,0%
Costo Interés	\$ 52.487.713	\$ 52.487.713	\$ -	0,0%	0,0%
Costo Capital	\$ 254.778.402	\$ 254.778.402	\$ -	0,0%	0,0%
Costo Repuesto y Componentes	\$ 322.976.420	\$ 288.189.556	\$ 34.786.864	10,8%	143,4%
Costo Mantenimiento Tolva	\$ 19.968.812	\$ 16.770.370	\$ 3.198.442	16,0%	13,2%
Costo Mano de Obra	\$ 117.296.449	\$ 101.983.086	\$ 15.313.363	13,1%	63,1%
Costo Componente de Soporte	\$ 15.139.620	\$ 14.643.240	\$ 496.380	3,3%	2,0%
Otros Costos	\$ 2.066.216	\$ 2.066.216	\$ -	0,0%	0,0%
Descuento	<b>-\$ 29.538.954</b>	\$ -	<b>-\$ 29.538.954</b>	100,0%	<b>-121,8%</b>
Costo Total	\$ 702.686.965	\$ 678.430.870	\$ 24.256.095	3,5%	100,0%
CPT c/Capital	0,620773	0,599325	0,021448	3,5%	-
CPT s/Capital	0,395918	0,374470	0,021448	5,4%	-

Fuente: Creación propia en base a cálculos

#### 3.4.3. Entrada y salida de camiones

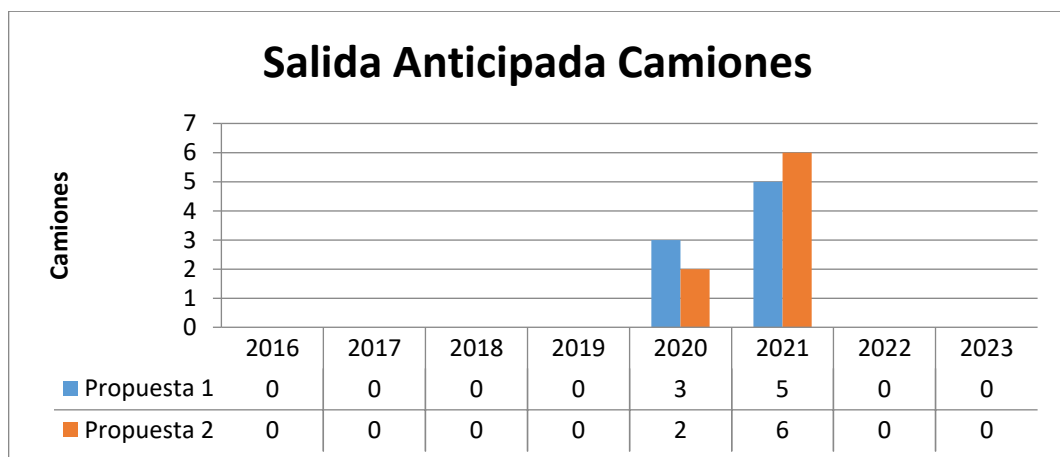
Durante los años de proyección, para ambas propuestas fue necesario incluir fechas de entrada y salida de camiones nuevos (ANEXO F) con el fin de cumplir con el plan minero detallado en los parámetros de proyección. Así como se vio en los puntos anteriores la principal diferencia entre las propuestas radica en la entrada, permeancia y salida de los camiones mineros en el modelo de valorización, para ello el gráfico 3-7 y el gráfico 3-8 muestran la cantidad de camiones ingresados por año y la cantidad de camiones con salida anticipado también por año respectivamente.

Además es importante recalcar que el contrato CS-326 contempla una opción de compra del camión a costo cero, es decir si el camión supera las 60.000 horas de vida útil y se tiene cancelada la cuota 120, la Minera puede ejercer la opción de adquirir el camión y operarlo sin considerar costo capital, resultando ser la principal ventaja económica como se pudo apreciar en la Propuesta 1, en dónde los camiones a partir del año 10 de operación, comienzan a tener un costo capital igual a 0.



Fuente: Creación propia en base a cálculos

Gráfico 3-7 Ingreso camiones por año



Fuente: Creación propia en base a cálculos

Gráfico 3-8. Salida anticipada camiones por año

De acuerdo al contrato, cada vez que un camión deba salir de la flota antes de pagar la última cuota de amortización por necesidad de la Minera, ésta deberá cancelar el monto impago del precio de entrada del camión (ANEXO G). Considerando este costo por concepto de salida anticipada, se concibe prescindible agregar este precio en el cálculo de rentabilidad y volver a realizar una nueva comparación. Para ello la tabla 3-14 muestra la suma del costo de salida anticipado para ambas

propuestas, además de mostrar los datos de la suma de camiones ingresados entre los años 2016 y 2023 para ambas propuestas, como también la suma de camiones con salida anticipado y las horas de vida promedio con la cual estos camiones salieron.

Tabla 3-14. Ingreso y salida de camiones

	Propuesta 1	Propuesta 2
Camiones Ingresados	34	53
Camiones con salida anticipada	8	8
Costo salida anticipada	US\$-	US\$2.357.459
Horas de vida camión saliente (promedio)	82.881	52.198

Fuente: Creación propia en base a cálculos

De esta manera solamente la Propuesta 2, equivalente en la disposición de las entradas y salidas de los camiones con el Caso Base, cuenta con un costo por salida anticipado, es decir al costo total considerando únicamente los costos asociados al modelo de valorización se le tiene que agregar este costo, quedando reflejado según la tabla 3-15. A partir de la tabla mencionada anteriormente se puede deducir que la Propuesta 1 es más rentable que el Caso Base en un 18,8% con una diferencia de 132,2 millones de dólares, al incluir el costo por salida anticipada de los camiones esta diferencia cambia casi imperceptiblemente, pues el costo por retiro anticipado de la Propuesta 2 equivale a un 0,3% del costo total de éste.

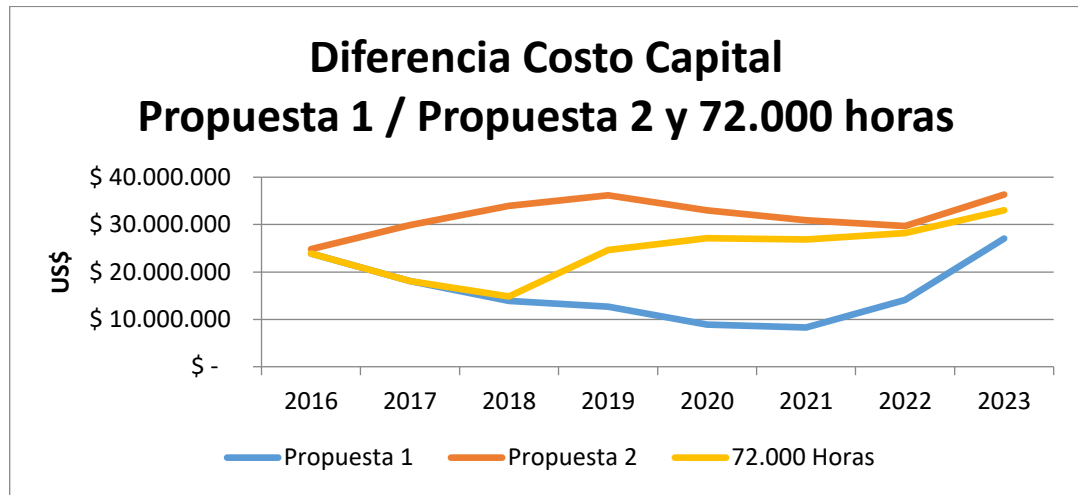
Tabla 3-15. Caso Base – Propuesta 1 con costo de retiro anticipado

Caso Base - Propuesta 1 (US\$)				
Suma 2016-2023	Caso Base	Propuesta 1	Diferencia	Diferencia %
Costo Total CPT	\$ 702.686.965	\$ 570.414.970	\$ 132.271.995	18,8%
Retiro Anticipado	\$ 2.357.459	\$ -	\$ 2.357.459	100,0%
Costo Total Contrato	\$ 705.044.424	\$ 570.414.970	\$ 134.629.454	19,1%

Fuente: Creación propia en base a cálculos

#### 3.4.4. Elección de propuesta económicamente más rentable

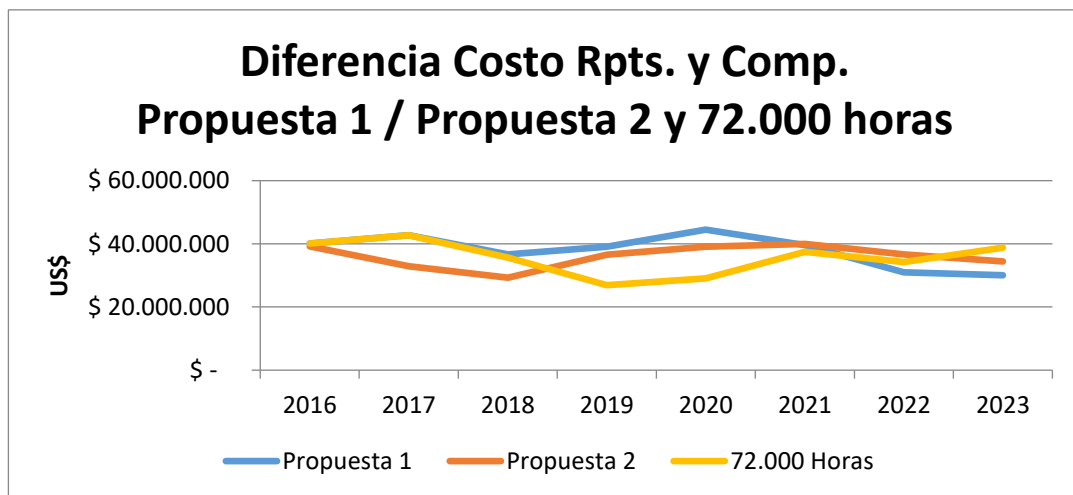
Por último considerando los datos entregados por los análisis anteriores se puede deducir que la propuesta con mayor rentabilidad presentada con respecto a las demás es la Propuesta 1, la cual considera una extensión a la vida útil de los camiones a 90.000 horas, puesto que el ahorro generado por esta propuesta con respecto al Caso Base es de 134,6 millones de dólares en 8 años de contrato.



Fuente: Creación propia en base a cálculos

Gráfico 3-9. Diferencia costo capital anual

Según los datos arrojados por la proyección sin reajustabilidad se concluye que la principal diferencia económica se encuentra en el costo capital, reflejada en el gráfico 3-9, dado que prácticamente, según si se retira anticipadamente el camión o no, superadas las 60.000 horas por camión y cancelada la cuota 120, es decir 10 años continuos de amortización, el camión es operado a costo cero en concepto de costo capital.



Fuente: Creación propia en base a cálculos

Gráfico 3-10. Diferencia costo de repuestos y componentes anual

Para efectos de simulación se agrega una propuesta más considerando una vida útil del camión intermedia entre las dos propuestas para entregar mayor información de cómo fluctúa el costo capital en relación al total de horas de la vida

útil del camión. Así se deduce que el costo capital disminuye mientras las horas de vida útil del camión aumentan, teniendo una relación de proporcionalidad inversa

De la misma manera los costos que están asociados en base al cálculo de la multiplicación de las horas operaciones del camión, como son el costo de repuestos y componente y el costo de mantenimiento de tolvas tienen una tendencia periódica dependiendo en que tramo horario se encuentra individualmente las horas del camión, considerando que los últimos tramos son los más caros es deducible que el costo de estas partidas aumenta si la mayoría de los camiones se encuentra en esta zona horaria y viceversa, así según las líneas mostrado por el gráfico 3-10, el cual trabaja con la misma simulación que el ejemplo anterior agregando el caso de vida útil del camión hasta las 72.000 horas, se ve claramente una tendencia "estacional", así se determina que las horas del camión no tendrán un mayor impacto en estos costos, por cierto al ser los últimos tramos agregados más caros que los primeros de la vida útil del camión, siempre la propuesta que tenga más horas de vida útil de camión incluido tendrá un punto más alto en su subida estacional. En la tabla 3-16 se muestra la diferencia explicada anteriormente, en donde a principio de la proyección el costo de repuestos y componentes de la Propuesta 2 es más barata que la de la Propuesta 1, sin embargo a medida que la flota de camiones se va renovando en la Propuesta 1 esta diferencia se invierte.

Tabla 3-16. Diferencia costo de repuestos y componentes

Costo de repuestos y componentes (US\$)			
Año	Propuesta 1	Propuesta 2	Diferencia
2016	\$ 41.072.946	\$ 40.213.606	\$ 859.340
2017	\$ 45.265.201	\$ 34.860.030	\$ 10.405.171
2018	\$ 40.156.052	\$ 32.046.869	\$ 8.109.183
2019	\$ 44.106.796	\$ 41.330.404	\$ 2.776.392
2020	\$ 51.785.220	\$ 45.529.347	\$ 6.255.873
2021	\$ 47.421.632	\$ 47.921.940	-\$ 500.308
2022	\$ 38.270.085	\$ 45.240.996	-\$ 6.970.911
2023	\$ 38.116.964	\$ 43.623.323	-\$ 5.506.359
<b>Total</b>	<b>\$ 346.194.896</b>	<b>\$ 330.766.515</b>	<b>\$ 15.428.381</b>

Fuente: Creación propia en base a cálculos

El costo de mano de obra e infraestructura y el costo de componentes de soporte no tienen diferencia entre ambas propuestas con respecto al Caso Base, pues estos costos se calculan en base a parámetros fijos, como por el ejemplo el número total de camiones. Así estos últimos costos no tienen relevancia en la elección de la propuesta más rentable.

Finalmente se escoge como opción más rentable económicamente a la Propuesta 1 dada por Komatsu Chile que contempla un aumento de la vida útil del camión a 90.000 horas.

### 3.5. EVALUACIÓN TÉCNICA

La evaluación técnica es un método de análisis que permite determinar, por medio de la evaluación de indicadores de tiempo relacionados con la mantención, la mejor propuesta de renovación enfocándose netamente en aspectos técnicos de éste, para ello se evaluó si técnicamente es rentable llevar el camión minero hasta las 90.000 horas de vida útil sabiendo que la fábrica originaria de los camiones sólo garantiza un buen funcionamiento de éstos hasta las 60.000 horas de vida útil, como se tiene en el Caso Base del contrato.

#### 3.5.1. Indicadores de mantenimiento

El resultado de la gestión de mantenimiento es controlado por la elaboración periódica de indicadores de control. El análisis de estos indicadores permite visualizar la evolución que ha tenido la flota de camiones en su confiabilidad y mantenibilidad, como así cada área de producción, permitiendo verificar el impacto de distintas estrategias de mantenimiento o de gestiones de confiabilidad de los equipos. Para ello es necesario contar con una herramienta que permita clasificar, ordenar y trabajar los tiempos operativos de la flota de camiones con este fin.

El uso del tiempo está dado por el modelo ASARCO (American Smelting & Refining CO.) o una derivación de éste, el cual es el marco de referencia utilizado para la definición de conceptos y distribución de los tiempos en que el equipo, máquina, o instalación incurren durante la operación. Minera Los Pelambres utiliza un modelo de distribución de tiempos que clasifica los indicadores de producción de la flota de camiones según la figura 3-1.

<b>NOMINAL</b>				
<b>DISPONIBLE</b>			<b>NO DISPONIBLE</b>	
			<b>MANT. PROGRAMDA</b>	<b>MANT. NO PROGRAMDA</b>
<b>OPERATIVO</b>			<b>RESERVA</b>	Preventiva
				Planificada
<b>EFFECTIVO</b>	<b>DEMORAS</b>			
	Prog.	No Prog.	Pér.Op.	

Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Figura 3-1. Modelo ASARCO

Siendo

- Nominal: El tiempo total de un periodo. Ejemplo: un día corresponde a 24 horas y un turno a 12 horas.
- Disponible: Tiempo en que el equipo está listo para ser operado, ya se le han descontado todos los tiempos por mantenencias preventivas y/o correctivas.
- Mantenición Programada: Tiempo en que el equipo se encuentra en alguna mantención preventiva, ya sea por un evento mecánico, eléctrico y/o electrónico.
- Mantenición No Programada: Tiempo en que el equipo se encuentra en alguna mantención correctiva, ya sea por un evento mecánico, eléctrico y/o electrónico.
- Operativo: Tiempo en que el equipo está en condiciones de ser operado y con operador.
- Reserva: Tiempo en que el equipo está en condiciones de ser operado y no cuenta con operador. También se considera reserva, la fuerza mayor (Blackout, sectores de minas cerrados por algún evento geotécnico, corte de energía externa, condiciones climáticas, sismos, huelgas, etc.).
- Efectivo: Tiempo en que el equipo está siendo utilizado para lo que realmente se invirtió. No considera detenciones programadas, detenciones no programadas y pérdidas operacionales.
- Demoras: Horas en que el equipo o instalación estando en condiciones electromecánicas de cumplir su tarea a cargo de un operador no puede realizarla por motivos ajenos a su funcionamiento.
- Demora Programada: Tiempo en que el equipo está detenido por algún evento que es programado y se tiene precisión de su horario.
- Demora No Programada: Tiempo en que el equipo está detenido por algún evento que no se sabe con precisión en que momento va a ocurrir, y que es parte de la operación.
- Pérdida Operacional: Este tiempo se usa para gestionar las esperas y aplica para el Carguío, Transporte y Chancado.

Fundamentalmente se manejan tres indicadores de mantenimiento, en el ámbito de los equipos de transporte mina como el analizado, siendo:

- **Disponibilidad:** Corresponde a la medida que indica cuánto tiempo está operativo un equipo o sistema respecto de la duración total durante la que se hubiese deseado que funcionase, se expresa en porcentaje. Es la suma de las horas efectivas operacionales más las reservas, dividido por las horas nominales.

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \frac{\text{Horas Disponible}}{\text{Horas Nominal}} * 100$$

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \frac{\text{Horas Operativo} + \text{Horas Reserva}}{\text{Horas Disponibles} + \text{No Disponibles}} * 100$$

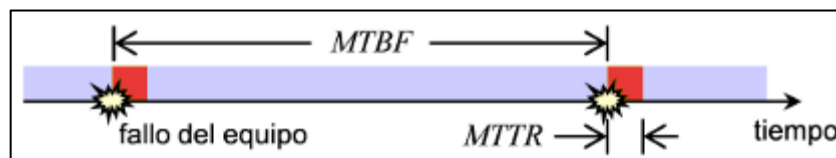
- **Tiempo medio entre fallas (MTBF):** Este indicador permite medir la frecuencia de fallas promedio de los equipos, transformándose en una medida de la confiabilidad de éstos. Su cálculo viene dado por:

$$\text{MTBF (Hrs)} = \frac{\text{Horas Operativas}}{\text{Número de Fallas}} * 100$$

- **Tiempo medio de reparación (MTTR):** Permite medir el tiempo medio para reparar, por lo tanto la facilidad de mantener, descripción asociado al concepto de mantenibilidad. Su cálculo viene dado por:

$$\text{MTTR (Hrs)} = \frac{\text{Horas No Disponible (Mant. No Programado)}}{\text{Número de Fallas}} * 100$$

Para entender mejor el concepto del tiempo medio entre falla y el tiempo medio de reparación se puede ver el esquema de la figura 3-2.



Fuente: Creación propia en base a estudio técnico

Figura 3-2. Esquema MTBF y MTTR

### 3.5.2. Disponibilidad flota de camiones

La disponibilidad es uno de los indicadores más conocidos y simples de calcular, dado que del tiempo nominal sólo se descuentan las horas de detenciones por mantenimiento. En el caso de MLP la disponibilidad de la flota de camiones viene dada por la sumatoria de 3 indisponibilidades aportadas por las empresas que afectan en el mantenimiento y operación de los camiones, éstas son Komatsu Chile, Bailac, empresa que se encarga de la mantención de los neumáticos del camión, y operaciones del camión gestionada por la propia compañía.

Para poder tener un buen enfoque de este indicador se midió la indisponibilidad física de la flota de camiones separados por modelo para poder verificar su comportamiento conforme a la actualización de éstos. Los modelos son:

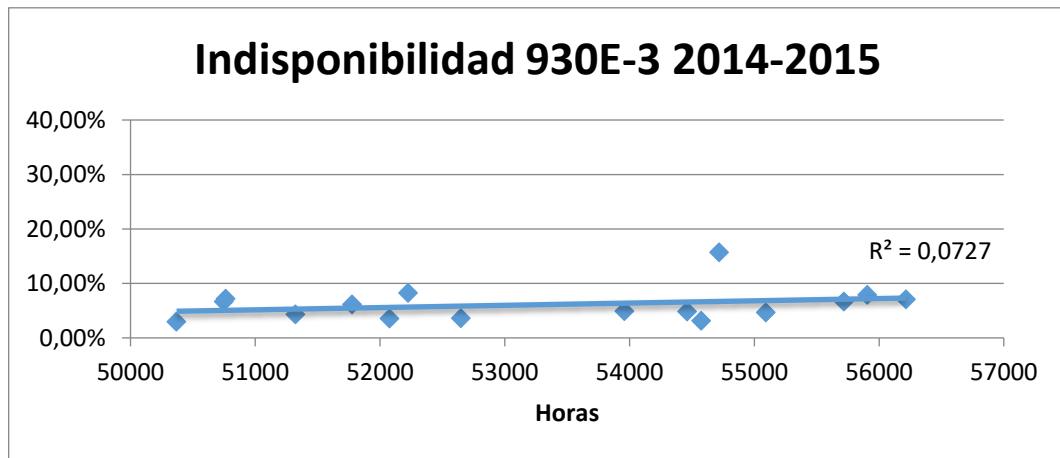
- 930E-3: CA-50 al CA-57
- 930E-4 : CA-58 al CA-89
- 903E-4 Nuevos: CA-90 al CA-103

Para efectos de visualizar el comportamiento de los indicadores y extrapolar estos registros a la extensión de la vida útil del camión, sólo se evaluarán las flotas 930E-3 y 930E-4, sin considerar los camiones 930E-4 Nuevo, pues éstos últimos dentro de los 8 años de extensión del contrato no alcanzan a superar las 60.000 horas, por lo tanto se mantienen dentro de la garantía de la fábrica.

Conviene destacar que estos 3 modelos de camiones son compatibles entre sí, y pueden transferir sus componentes entre ellos, salvo algunas excepciones, la principal diferencia entre los modelos es su actualización tecnológica en cuanto a sensores, cableados, sistemas de control y mecanismos de detección de fallas preventivos. Por esta diferencia se hace necesario separar los camiones, pues de lo contrario los camiones más nuevos subsidiarían los indicadores de mantenibilidad de los más viejos.

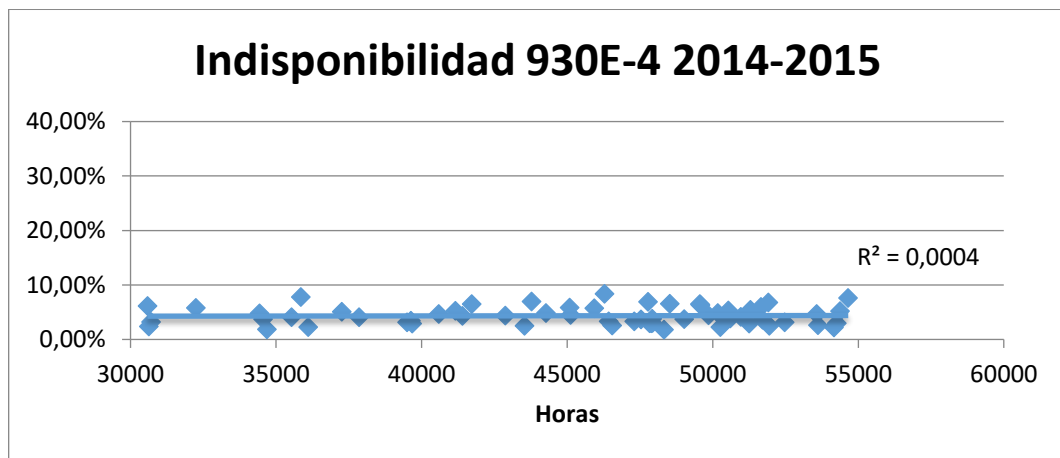
Los registros de indisponibilidad corresponde a los tomados para la flota de camiones desde el inicio del año 2014 hasta septiembre de 2015, éstos se cruzaron con el horómetro del camión respectivo que generó esa indisponibilidad esos años.

A continuación se muestra el grafico de dispersión que cruza las indisponibilidades acumuladas anuales con el horómetro del respectivo camión para los años 2014 y 2015. En él se puede apreciar que la indisponibilidad sube a medida que el horómetro del camión también lo hace, es una tendencia que se podía suponer, ya que a medida que un equipo se vuelve más viejo está más propenso a fallar, sin embargo este supuesto no es obligatorio, ya que en el caso de los camiones al ser modulares sus componentes se van cambiando a medida que estos lo requiera, así los componentes del camión no tienen necesariamente el mismo horómetro que el horómetro del camión.



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 3-11. Indisponibilidad camiones 930E-3



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 3-12. Indisponibilidad camiones 930E-4

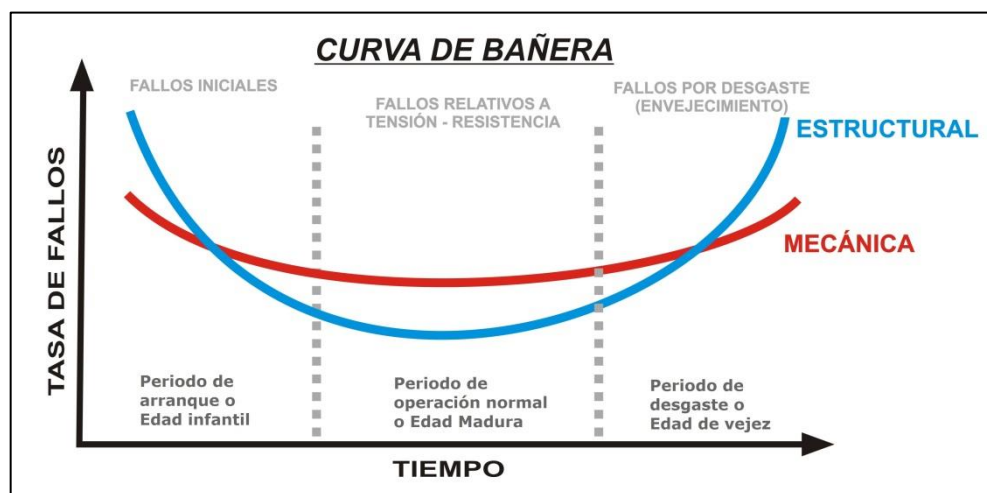
En el gráfico 3-11 se puede ver un aumento en la indisponibilidad de los camiones a medida que su vida útil aumenta, aunque no superando el 10% de indisponibilidad, exceptuando un dato. Esta flota E-3 se encuentra en una etapa final de su vida útil, superando todos sus camiones las 50.000 horas de vida, a pesar de esto se muestra que el camión sigue siendo apto en cumplir la solicitud de disponibilidad por parte de la Minera, no generando una ineficiencia en las horas operacionales necesarias para cumplir con el plan minero.

El gráfico 3-12 muestra la indisponibilidad de los camiones correspondientes a la flota de camiones 930E-4, de la misma manera que el gráfico anterior éste está construido en base a los datos provistos por la Minera entre los años 2014 y 2015. En este caso se puede ver una tendencia más horizontal y no refleja un comportamiento a predecir a medida que el horómetro del camión aumenta. Esta flota, a diferencia de la anterior, se encuentra en una etapa denominada "periodo de

edad madura” conforme a la gráfica de curva de bañera que representa la tasa de fallos durante el periodo de vida útil de un sistema o máquina (figura 3-3).

La curva de la bañera, es un gráfico que representa los fallos durante el período de vida útil de un sistema o máquina. Se llama así porque tiene la forma una bañera cortada a lo largo. Esta curva contempla 3 teorías de fallas detallados a continuación:

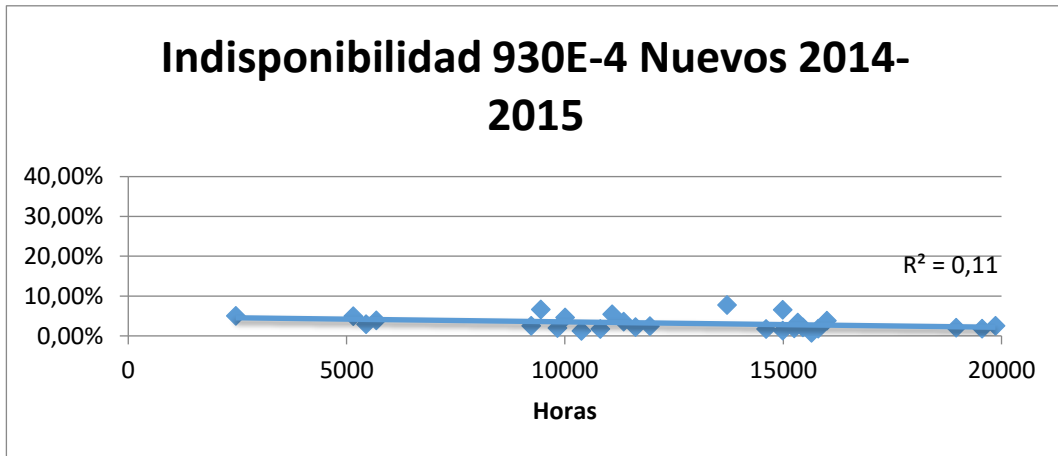
- Fallos iniciales: Esta etapa se caracteriza por tener una elevada tasa de fallos que desciende rápidamente con el tiempo.
- Fallos normales: Etapa con una tasa de errores menor y constante. Los fallos no se producen debido a causas inherentes al equipo, sino por causas aleatorias externas.
- Fallos de desgaste: etapa caracterizada por una tasa de errores rápidamente creciente.



Fuente: <https://sabinarodriguez.wordpress.com/2012/08/21/el-mantenimiento-en-la-industria-definiciones-i/>

Figura 3-3. Gráfico curva de bañera

Al aplicar el análisis de la curva de bañera se deduce que la flota E-3 se encuentra en la edad de vejez haciendo comprensible la elevación en su indisponibilidad. Además este modelo de tasas de fallos se puede aplicar al total de la flota de camiones, pues se observa que la flota E-4 Nuevos que se encuentra en periodo de arranque, la tasa de indisponibilidad disminuye conforme a lo mostrado por el gráfico 3-13. Sin embargo esto no es determinante para suponer que el aumento progresivo del horómetro del camión generará una indisponibilidad mayor que la que se tiene actualmente, debido a que son muchos los factores que influyen en este indicador, desde condiciones de operación hasta la acción de la mantención, así que por este motivo y la falta de datos para poder realizar una deducción más certera es que estos datos tienen solamente un carácter de expositivos.

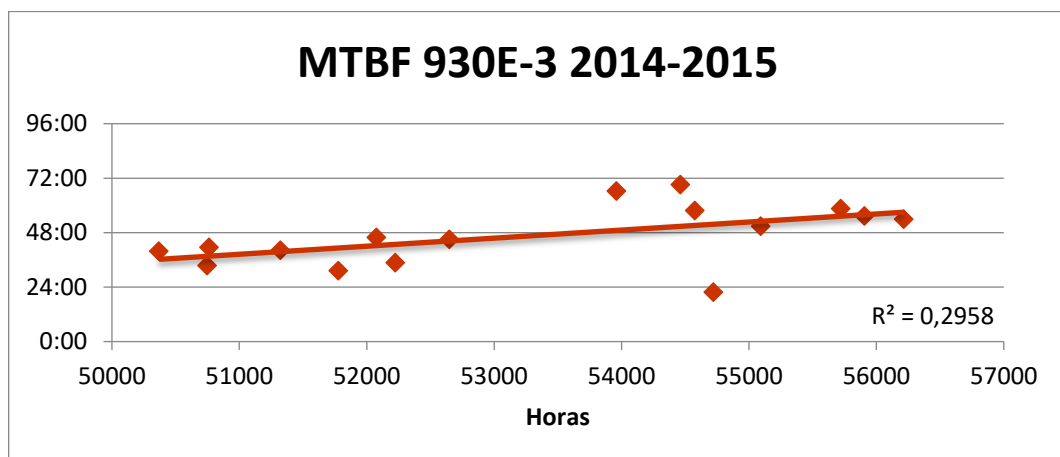


Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 3-13. Indisponibilidad camiones 930E-4 Nuevos

### 3.5.3. MTBF flota de camiones

Del mismo modo que el caso de la disponibilidad de la flota de camiones, este indicador de tiempo se obtuvo de los datos proporcionados por la Minera y corresponde al tiempo medio entre falla promedio total por camión para el año 2014 y septiembre de 2015, estos valores se cruzaron con los horómetros respectivos de los camiones con el fin de vislumbrar alguna tendencia de éste indicador conforme aumenta la vida operativa del camión.



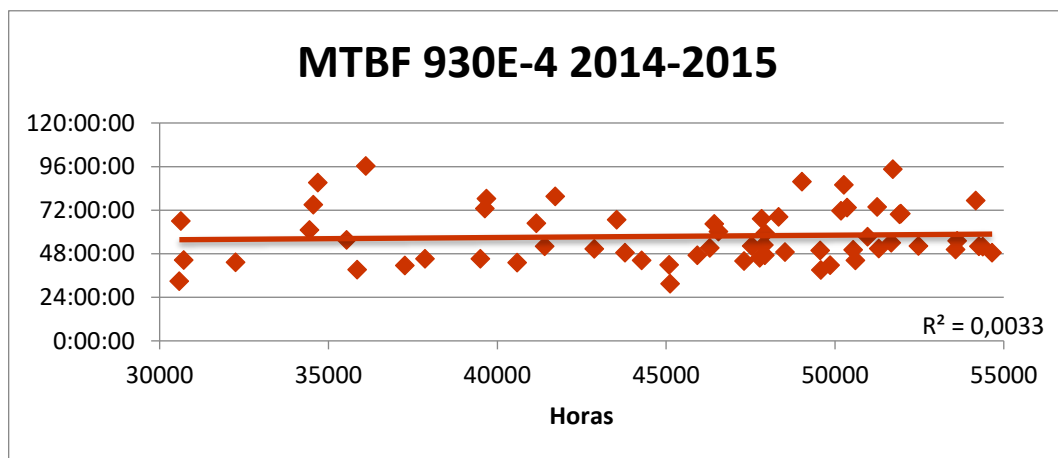
Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 3-14. MTBF camiones 930E-3

En el gráfico 3-14 se puede observar la disposición de los tiempos medios entre fallas de los camiones de la flota E-3 versus el horómetro respectivo de cada uno. Se observa que éste tiene una tendencia hacia arriba aumentando este indicador, por lo tanto aumentando la confiabilidad de los equipos, esto se puede explicar dado

que esta flota se encuentra en un momento en que la mayoría de los componentes son cambiados por programa entre las 54.000 y 56.000 horas aproximadamente, por lo tanto sus componentes se encuentran reparados, así aumentando esta confiabilidad en los equipos.

En cuanto al gráfico 3-15 que muestra los tiempos medios entre falla para la flota de camiones 930E-4 se puede determinar que no tienen una tendencia determinada y sus registros se encuentran muy dispersos, argumentado por el periodo de vida que pasa esta flota. Por ejemplo, para un horómetro de 50.000 horas se tienen alrededor de 6 registros de camiones y cada uno de ellos tiene un valor distinto de éste indicador reflejando así que el tiempo medio de reparación no depende del horómetro del camión para este tipo de flota.



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 3-15. MTBF camiones 930E-4

#### 3.5.4. MTTR flota de camiones

El MTTR es un indicador que tiene dos agentes que afectan su duración, primero se encuentra la criticidad de la falla y segundo la experticia de los mantenedores, estos dos factores generan la alteración de éste indicador y es difícil poder discriminar, en este caso, cual tiene cual tiene mayor relevancia.

Sin embargo, al analizar el gráfico 3-16 se observa una tendencia, para la flota E-3, creciente en el tiempo medio de reparación, debido al mismo motivo con que aumenta la confiabilidad de la flota en este periodo, el MTTR aumento producto de los cambios de los componentes y la dificultad de compatibilizar con un componente recién puesto en marcha en su mantención.

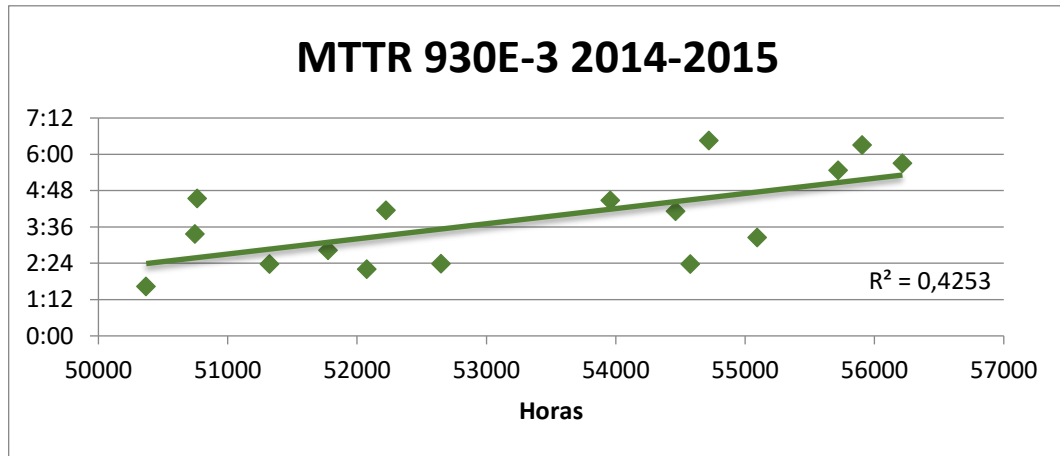


Gráfico 3-16. MTTR camiones 930E-3

El gráfico 3-17 sigue mostrando la misma tendencia para la flota E-4 con los otros indicadores, pues no muestra tendencia en cuanto a los tiempos medio de reparación.

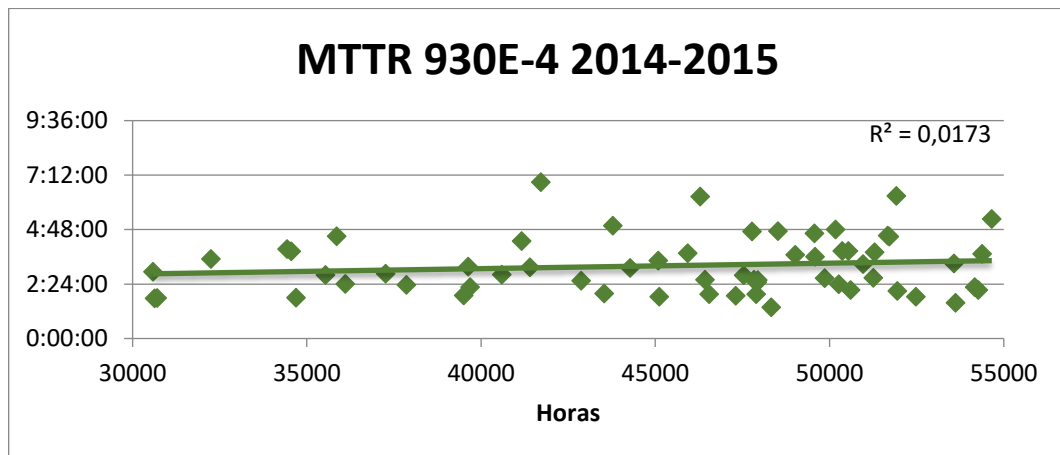


Gráfico3-17. MTTR camiones 930E-4

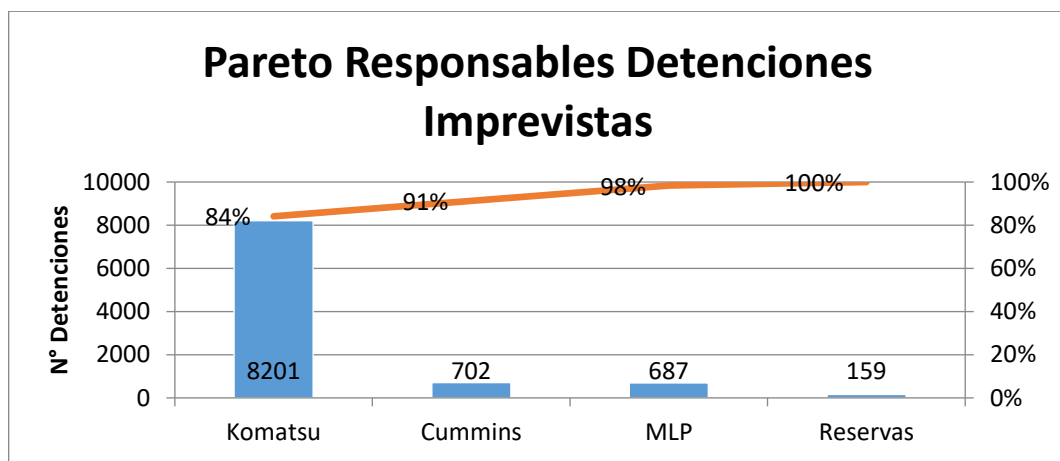
Por lo tanto, los anteriores análisis permiten determinar que el camión minero tiene una forma de vida útil conforme a la gráfica de la bañera, presentándose los 3 tipos de vida presentes en esta gráfica en la flota de camiones. Sin embargo esta forma de vida útil, especialmente llegando a las 60.000 horas donde se ve una etapa de desgaste, no permite aseverar que pasado este horómetro la tendencia continua al desgaste, pero tampoco se puede negar esta probabilidad de que ocurra.

Además se deduce, conforme a lo mostrado por los gráficos de MTBF y MTTR que estos indicadores están muy relacionados con el momento en que los componentes llegan a su tiempo de "overhaul", pues llegada esta instancia en la

mayoría de los componentes el tiempo medio entre fallas mejora, sin embargo al ser componentes que tienen que comenzar a rodar nuevamente el tiempo medio de reparación se alarga, probablemente por el tiempo que demora identificar la causa raíz de una nueva falla.

### 3.5.5. Detenciones por sistema

Para analizar las detenciones por sistema de los camiones se procede a utilizar el diagrama de Pareto, este diagrama consiste en un sencillo método gráfico que se conjuga con una curva o recta creciente que representa en forma decreciente el grado de importancia, o peso que tienen los diferentes factores que afectan a un proceso, operación o resultado. Este método permite discriminar entre las causas más importantes de un problema ("pocos vitales") y las que son menos trascendentales ("muchos triviales"). El diagrama de Pareto predice que el 80% de los problemas son debidos a un 20% de las causas posibles, aplicándolo a cualquier área de trabajo.



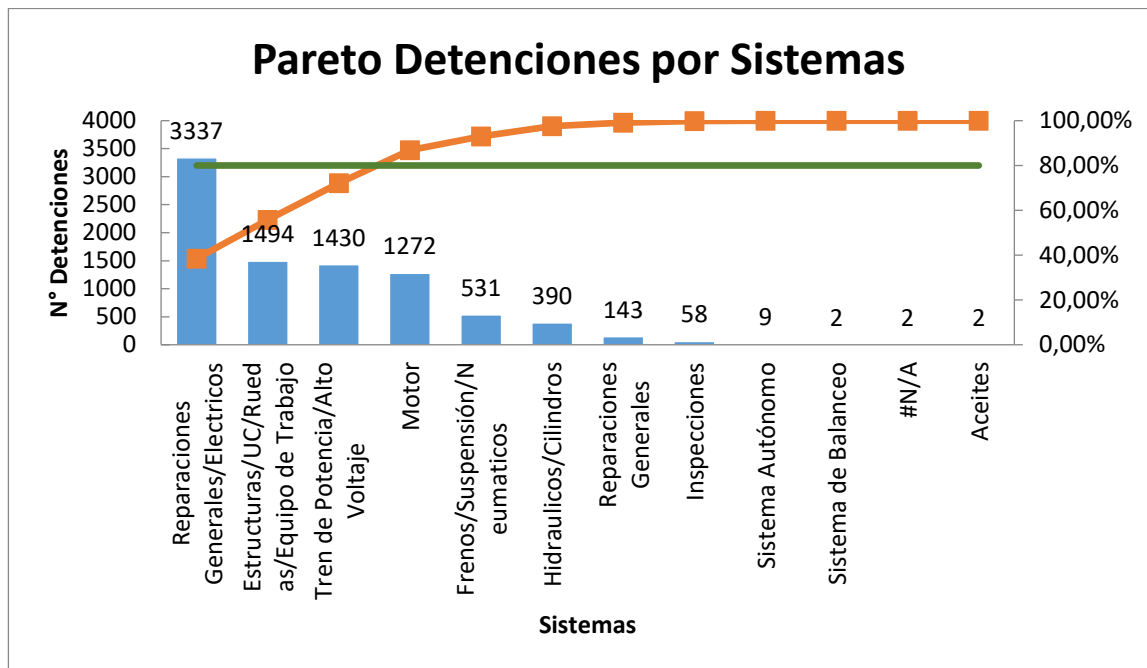
Fuente: Departamento de Confiabilidad, Komatsu Chile

Gráfico 3-18. Responsables detención imprevista

Se utilizaron los datos registrados por Komatsu Chile de las detenciones de los camiones durante los años 2014 y 2015, en total son 14.140 eventos producidos para toda la flota de camiones separados en detenciones planificadas y detenciones imprevistas teniendo entre ellos una distribución de 49,06% y 50,94% respectivamente. En cuanto a tiempo de detenciones en total la base de datos registra 99.193 horas de detención, siendo planificadas un 33,57% e imprevistas 66,43% con respecto a las horas de detención.

La base de datos de detenciones cuenta además con la información separada en categorías, como por ejemplo el sistema, subsistema y componente afectado, como también la responsabilidad de las detenciones siendo distribuida entre Komatsu, Cummins, operaciones a cargo de la Minera y reservas del camión provocados por

diversas situaciones. En relación a esto el gráfico 3-18 muestra un diagrama de Pareto para identificar al principal responsable de las detenciones imprevistas de la flota de camiones, siendo un 84% de responsabilidad de Komatsu Chile, identificando así la principal causa vital.



Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

Gráfico 3-19. Detenciones por sistema del camión

En cuanto a identificar los sistemas más vitales el gráfico 3-19 muestra la distribución de la cantidad de detenciones a causa de los sistemas del camión filtrando solamente los asociados a detenciones imprevistas. El gráfico arroja que de un total de 8671 detenciones no programadas, el 80% corresponde a 4 sistemas del camión minero categorizándose como los más críticos, estos son:

- Reparaciones Generales/Eléctricos : 38,48% y 6.505 horas
- Estructura/UC/Ruedas/Equipo de Trabajo: 17,23% y 3.886 horas
- Tren de Potencia/Alto Voltaje : 16,49% y 6.204 horas
- Motor : 14,67% y 6.966 horas

De los datos anteriores se puede apreciar que el mayor sistema con número de detenciones corresponde al sistema de Reparaciones Generales/Eléctricos, sin embargo tanto el sistema de Tren de Potencia/Alto Voltaje como el sistema Motor presentan las mismas cantidades de horas asociados a las detenciones, aun cuando su número de detenciones es la mitad o menos en comparación a las del primer sistema nombrado

Dentro de estos sistemas los componentes que más fallan, en porcentaje dentro del sistema, de manera imprevista son:

- Sistema Reparaciones Generales/Eléctricos:
  - Sistema eléctrico 24Volt: 64% de las fallas del sistema
  - Foco de trabajo: 9% de las fallas del sistema
  - Aire acondicionado: 6% de las fallas del sistema
- Sistema Estructura/UC/Ruedas/Equipo de Trabajo:
  - Neumáticos: 27% de las fallas del sistema
  - Cabina del operador: 19% de las fallas del sistema
  - Espejos: 16% de las fallas del sistema
  - Tolva: 12% de las fallas del sistema
- Sistema Tren de Potencia/Alto Voltaje:
  - Panel de control: 54% de las fallas del sistema
  - Banco de retardo dinámico: 6% de las fallas del sistema
  - Resistor de retardo dinámico: 4% de las fallas del sistema
  - Motor de tracción: 4% de las fallas del sistema
  - Alternador principal: 3% de las fallas del sistema
- Sistema Motor:
  - Motor Diesel: 77% de las fallas del sistema
  - Radiador: 5% de las fallas del sistema
  - Tubo de escape: 3% de las fallas del sistema

Del listado anterior se ve que dentro de los componentes que más fallan se encuentran los componentes excluidos de reparación y reposición dentro de las propuestas, por lo tanto es importante considerar una mejora a la forma de detección de fallas y correcto mantenimiento de estos.

Producto de lo anterior, nace también la necesidad de evaluar estos componentes en base a su tasa de fallos, para así determinar un valor aproximado y probable de cuánto tendría que incurrir en gastos la Minera producto de estas exclusiones

### 3.5.6. Análisis de sensibilidad de exclusiones de reparación

Como se mencionó en el punto 3.2.2 que define la propuesta dada por Komatsu, ésta contempla la exclusión en la reparación y/o reposición de ciertos componentes si llegaran a tener ciertas fallas (tabla 3-2). Cómo no se tiene la certeza de cómo van a operar estos componentes superada las 60.000 horas, es necesario contar con un estudio adicional que permita definir una probable tasa de falla de estos componentes y así cuantificar el costo asociado a esto.

Para ello se ha realizado un análisis de sensibilidad el cual es una de las herramientas más sencillas de aplicar y que puede proporcionar la información básica para tomar una decisión acorde al grado de riesgo que se decida asumir. La base para

aplicar este método es identificar los posibles escenarios del proyecto, los cuales se clasifican en lo siguiente:

- Pesimista: Es el peor panorama, es decir, es el resultado en caso de máximos de fallas.
- Probable: Éste sería el resultado más probable en el análisis, debe ser objetivo y basado en la mayor información posible.
- Optimista: Siempre existe la posibilidad de lograr más de lo que se proyecta, el escenario optimista normalmente es el que se presenta para motivar a correr el riesgo.

Los componentes afectados por esta modalidad, al igual que los demás componentes del camión, trabajan en base a vidas útiles dadas por TBO, "Time Between Overhaul" que significa el tiempo que transcurre para que el componente tenga que incurrir en una reparación mayor. Durante este tiempo los componentes tienen una forma de falla conforme a la gráfica de bañera, de la misma forma que se comportan los camiones, de esta manera los TBO de los componentes están calculados para que su nivel de confiabilidad al final de estas horas aun entregue seguridad ante fallas totales o críticas. La tabla 3-19 muestra los TBO de los componentes a analizar.

El "Overhaul" es un mantenimiento aplicado a un componente donde su alcance en cuanto a la cantidad de trabajos incluidos, el tiempo de ejecución, el nivel de inversión o coste del mantenimiento y requerimientos de planificación y programación son de elevada magnitud (con respecto al mantenimiento operacional), dado que la razón de este tipo de mantenimiento reside en la restitución general de las condiciones del servicio del componente, bien sea desde el punto de vista de diseño o para extender su vida útil con la mínima probabilidad de fallo (confiabilidad) y dentro de los niveles de desempeño o eficiencia requeridos.

Para poder realizar el análisis de sensibilidad es necesario estimar la probabilidad y la tasa de falla crítica de los componentes involucrados en este análisis, para ello con la ayuda de una planilla Excel, se calculó la confiabilidad y tiempo probable operativo promedio entre fallas para cada uno en base a los registros de detenciones imprevistas del año 2014 y 2015, eliminando los registros que contenían menos de 1 hora de detención por ser poco significativos en el análisis y alterarlos.

El análisis de confiabilidad se ejecutó analizando 38 camiones, del CA-50 al CA-89, pues estos camiones dentro de los 8 años de la extensión del contrato, alcanzarían una vida útil igual o cercana a las 90.000 horas.

La confiabilidad se entiende como la probabilidad de que un equipo realice adecuadamente su función prevista a lo largo del tiempo, cuando opera en el entorno para el que ha sido diseñado, mientras la probabilidad de falla es el recíproco de la confiabilidad, conforme a la siguiente fórmula:

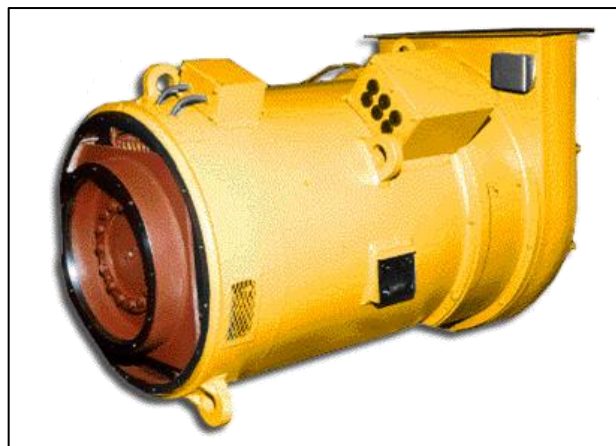
$$\text{Probabilidad de Falla (\%)} = 1 - \text{Confiabilidad (\%)}$$

Además un dato importante para el análisis es la probabilidad de que la falla sea crítica, éste se calculó utilizando los registros de detención como en los casos anteriores; del total de detenciones de los componentes se identificaron las detenciones que provocaron un cambio o reparación mayor de éstos, así la probabilidad de falla crítica es el resultado de la división de las fallas críticas identificadas por el total de fallas de cada componente.

A continuación se describen cada uno de los componentes afectados y se detallan los parámetros de confiabilidad que permiten determinar las fallas probables de éstos.

#### 3.5.6.1. Alternador principal

El alternador principal está montado solidariamente al motor diesel y es movido por el cigüeñal de éste. Al ser accionado produce una energía eléctrica alterna, la que es enviada a un panel rectificador en donde se transforma a corriente continua, esta corriente es enviada a los campos de los motores de tracción produciendo el accionamiento de éstos.



Fuente: Manual de mantenimiento camión 930E, Komatsu Chile

Figura 3-4. Alternador principal

Los parámetros de confiabilidad del alternador principal son los siguientes:

- Tiempo probable promedio operativo : 1.008 horas
- Confiabilidad : 55,2%
- Probabilidad de falla : 44,9%
- Probabilidad que la falla sea crítica : 6,7%

### 3.5.6.2. Suspensión delantera

La suspensión delantera básicamente consisten de dos componentes: una caja o cilindro que se aperna al bastidor del camión y un pistón sobre el cual se monta un eje de rueda. Los pistones de las suspensiones delanteras también actúan como perno real para la dirección del camión.

Para que la suspensión delantera trabaje correctamente ésta debe ser cargada con aceite y nitrógeno seco. Durante la marcha del camión las ruedas a través de los neumáticos siguen las irregularidades del camino, traspasando este movimiento a la suspensión y a su vez al bastidor del camión. El trabajo de la suspensión es absorber estos movimientos transformándolos en movimientos amortiguados y suaves para proteger la estructura del equipo y sus componentes y el confort del operador.



Fuente: Creación propia en base a fotografía tomada

Figura 3-5. Suspensión delantera

Los parámetros de confiabilidad de la suspensión delantera son los siguientes:

- Tiempo probable promedio operativo : 752 horas
- Confiabilidad : 45,0%
- Probabilidad de falla : 55,0%
- Probabilidad que la falla sea crítica : 5,6%

### 3.5.6.3. Banco parillas (Retardador dinámico)



Fuente: Manual de mantenimiento camión 930E, Komatsu Chile

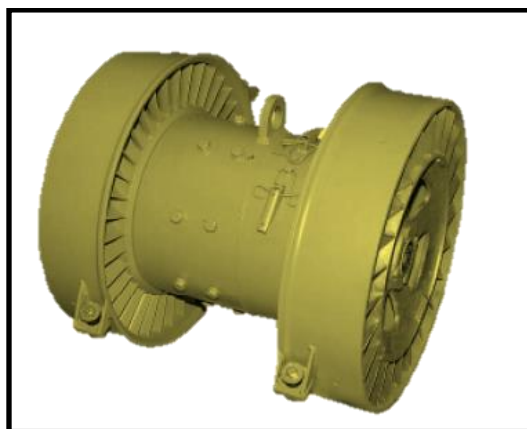
Figura 3-6. Banco de parrillas

Se emplea un paquete de rejilla del resistor para disipar la energía proveniente de los motores de tracción (que operan como generadores), cuando están en el modo de retardo dinámico, en forma de energía calórica. La energía total del retardo producida por los motores de tracción es controlada por los dos inversores del motor.

Los parámetros de confiabilidad del banco de parrillas son los siguientes:

- Tiempo probable promedio operativo : 253 horas
- Confiabilidad : 11,4%
- Probabilidad de falla : 88,6%
- Probabilidad que la falla sea crítica : 11,7%

#### 3.5.6.4. Blower



Fuente: Manual de mantenimiento camión 930E, Komatsu Chile

Figura 3-7. Blower

El motor soplador o Blower (figura 3-7) es una unidad de corriente continua. Tiene montado dos ventiladores, uno en cada extremo del eje de la armadura, la cual

suministra aire para disipar el calor del conjunto de resistencias durante la aplicación del Retardo Dinámico.

Cada ventilador está parcialmente encerrado en una extensión de la estructura, la cual contiene guías que dirigen el aire en direcciones opuestas axialmente al eje del motor y hacia afuera en cada extremo.

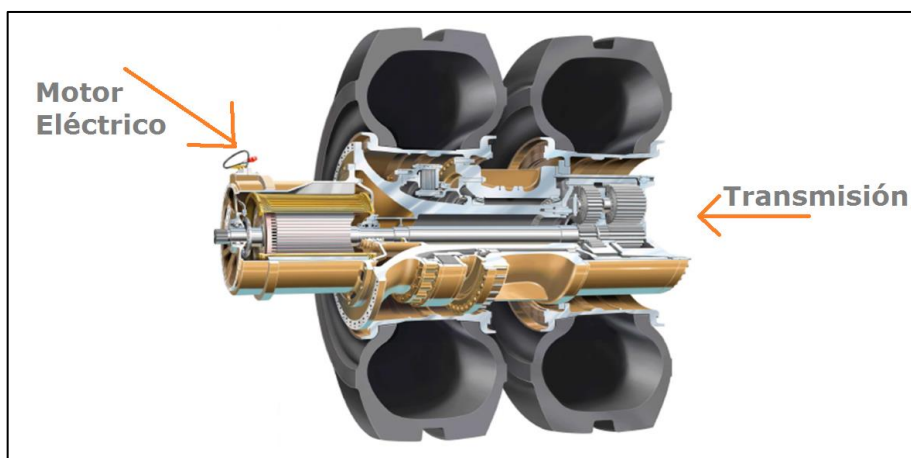
Los parámetros de confiabilidad del Blower son los siguientes:

- Tiempo probable promedio operativo : 764 horas
- Confiabilidad : 48,2%
- Probabilidad de falla : 51,9%
- Probabilidad que la falla sea crítica : 15,5%

#### 3.5.6.5. Motor de tracción

El camión contiene 2 motores de tracción en el eje trasero, estos convierten la energía eléctrica proporcionada por el sistema en energía mecánica capaz de entregar el torque necesario para la propulsión del camión mediante la regulación de las corrientes hacia los devanados del estator. El motor pertenece al tipo jaula de ardilla y es trifásico de inducción.

Para el análisis de sensibilidad el motor de tracción se separa en 2 subcomponentes, el motor eléctrico y la transmisión. El motor eléctrico solo lo compone la parte que transforma la energía eléctrica en energía mecánica, mientras la transmisión es el sistema de engranajes planetarios que permiten aumentar el torque generado por el motor y transmitirlo a las ruedas. Por lo tanto la probabilidad de falla crítica de estos subcomponentes es la misma que la probabilidad del motor de tracción.



Fuente: Manual de mantenimiento camión 930E, Komatsu Chile

Figura 3-8. Motor de Tracción

Los parámetros de confiabilidad del motor de tracción son los siguientes:

- Tiempo probable promedio operativo : 1.815 horas
- Confiabilidad : 48,5%
- Probabilidad de falla : 51,5%
- Probabilidad que la falla sea crítica : 0,6%

### 3.5.6.6. Costos por reposición de componentes excluidos

Así el resumen del análisis de confiabilidad se muestra en la tabla 3-17 en donde se muestra el tiempo media entre falla probable, la confiabilidad, la probabilidad de falla y la probabilidad de que la falla sea crítica de cada componente excluido de reparación en la propuesta dada.

Tabla 3-17. Resumen parámetros de confiabilidad

Componente	MTBF probable (hr)	Confiabilidad	Probabilidad de falla	Probabilidad de falla crítica
<b>Alternador</b>	1.008	55,2%	44,9%	6,7%
<b>Blower</b>	764	48,2%	51,9%	15,8%
<b>Motor Eléctrico</b>	1.815	48,5%	51,5%	0,6%
<b>Transmisión AC</b>	1.815	48,5%	51,5%	0,6%
<b>Caja de parrillas</b>	253	11,4%	88,6%	11,7%
<b>Suspensión delantera</b>	752	45,0%	55,0%	5,6%

Fuente: Creación propia en base a estudio técnico de confiabilidad

El cálculo que determina las posibles fallas dentro de los 8 años que deben operar los 38 camiones analizados, considerando estos como si fuera un solo conjunto, y las probables fallas críticas dentro de éstas se calcula en base a la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad de fallas en 8 años}_{\text{Componente}} = \frac{\text{Horas totales operativas flota} * \text{Probabilidad de falla}_{\text{Componente}}}{\text{Tiempo medio probable entre falla}_{\text{Componente}}}$$

$$\text{Horas totales operativas flota} = \text{Horas totales en 8 años} * \text{Disponibilidad flota} * \text{Utilización flota}$$

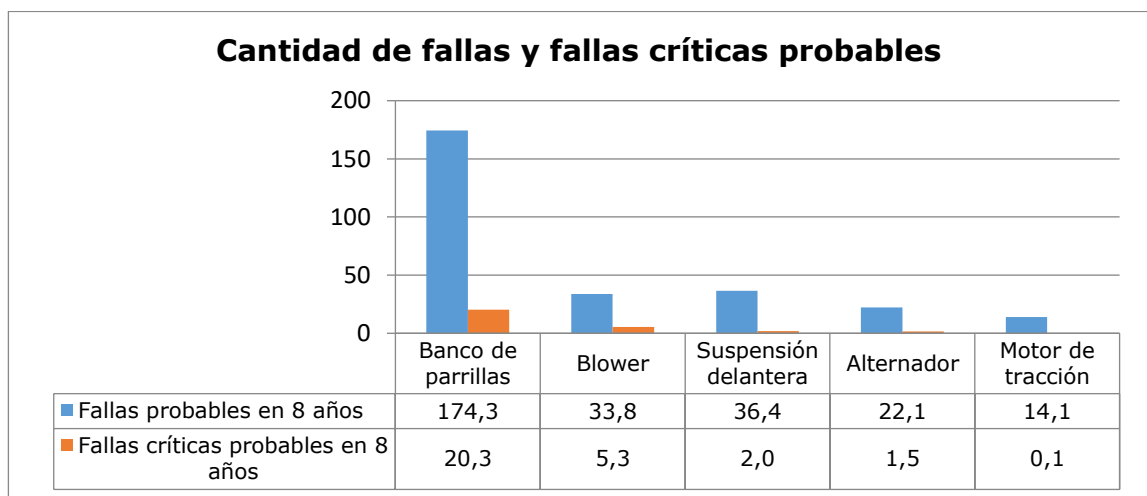
Donde

- Horas totales en 8 años : 70.080 horas
- Disponibilidad flota : 87,7% acumulado año 2015
- Utilización flota : 81,0% acumulado año 2015
- Horas totales operativas flota : 61.460,16 horas

Mientras la cantidad de fallas críticas probables por componente en los 8 años de operación se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Cantidad de fallas críticas en 8 años}_{\text{Componente}} = \text{Cantidad de fallas en 8 años}_{\text{Componente}} * \text{Probabilidad de falla crítica}_{\text{Componente}}$$

El resultado producto del cálculo, en base a las fórmulas anteriores, se muestran en el gráfico 3-20, en donde el mayor número de fallas probables críticas se concentra en el banco de parrillas, y el con menor tasa de probables fallas críticas pertenece al motor de tracción.



Fuente: Creación propia con base en estudio técnico de confiabilidad

Gráfico 3-20. Cantidad de fallas y fallas críticas probables en componente excluidos

Producto de los resultados obtenidos se determina los siguientes escenarios para el análisis de sensibilidad de falla de los componentes:

- Pesimista: Se determina este escenario como 3 veces más desfavorable que el caso probable, exceptuando la cantidad de fallas críticas probables del motor de tracción estableciéndola en 1 falla crítica probable
- Probable: Es el caso donde se utilizan los resultados obtenidos del cálculo de probabilidad falla
- Optimista: Se determina como la mitad de la tasa de fallos por componente.

Tabla 3-18. Cantidad de probables fallas críticas por componente

Componente	Cantidad de probables fallas críticas		
	Caso Optimista	Caso Probable	Caso Pesimista
<b>Banco de parrillas</b>	10	20	61
<b>Blower</b>	3	5	16
<b>Suspensión delantera</b>	1	2	6
<b>Alternador</b>	1	1	4
<b>Motor eléctrico</b>	0	0	1
<b>Alternador AC</b>	0	0	1
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>29</b>	<b>90</b>

Fuente: Creación propia en base a estudio técnico de confiabilidad

La tabla 3-18 muestra los escenarios del análisis de sensibilidad frente a la cantidad de probables fallas críticas por componente al realizar el cálculo de las situaciones de los escenarios.

Para calcular el costo asociado a la falla crítica de los componentes se utilizan los precios detallados en la tabla 3-19, que muestra el precio de reposición de estos componentes. Cabe destacar que ante una falla crítica, como las calculadas, es preferible reponer el componente completo antes que reparar la falla, pues los costos de reparación aumentan acercándose al costo de reposición, debido a que este tipo de falla afecta a muchas piezas del componente y además se encuentran ya en una vida útil de desgaste.

Tabla 3-19. TBOs y precios de componentes excluidos

Componente	TBO (hr)	Precio (US\$)
<b>Alternador principal</b>	18.000	309.013,42
<b>Blower</b>	20.000	89.185,86
<b>Motor eléctrico AC</b>	28.000	203.904,62
<b>Transmisión AC</b>	28.000	924.503,62
<b>Suspensión delantera</b>	18.000	89.137,00
<b>Caja de parrillas</b>	20.000	261.715,39

Fuente: Departamento de confiabilidad, Komatsu Chile

Finalmente, los costos asociados a los 3 escenarios del análisis de sensibilidad, separados por componente, se muestran en la tabla 3-20, siendo los costos más caros en todos los escenarios el costo por reponer ante probables fallas críticas los banco de parrillas y el Blower, ambos componentes del sistema de retardo dinámico.

Tabla 3-20. Costos por escenario de sensibilidad

Componente	Caso Optimista (US\$)	Caso Probable (US\$)	Caso Pesimista (US\$)
<b>Banco de parrillas</b>	2.617.154	5.234.308	15.964.639
<b>Blower</b>	267.558	445.929	1.426.974
<b>Suspensión delantera</b>	89.137	178.274	534.822
<b>Alternador</b>	309.013	309.013	1.236.054
<b>Motor de tracción</b>	0	0	203.905
<b>Transmisión AC</b>	0	0	924.504
<b>Total</b>	<b>3.282.862</b>	<b>6.167.525</b>	<b>19.366.393</b>

Fuente: Creación propia en base a cálculos y estudio técnico de confiabilidad

### 3.5.7. Elección de propuesta técnica más rentable

Concluyendo el análisis técnico, se termina este punto generando un nuevo análisis económico incluyendo el costo por repuestos excluidos y los 3 escenarios simulados en el análisis de sensibilidad, para así determinar que alternativa de renovación es más rentable incluyendo el análisis técnico traducido en costos. Así se establece que, conforme a los datos mostrados en la tabla 3-21, que en los 3 escenarios probables, pesimista, probable y optimista sigue siendo más rentable la Propuesta 1 dado que puede entregar desde un 12,7% a un 15,6% de ahorro en comparación a la Propuesta 2, dependiendo de la situación de escenario que se presente.

Es importante recalcar que estos escenarios son simulaciones posibles en base a cálculos de probabilidad, por lo cual no determinan una situación en concreto que se pueda presentar, sin embargo permiten visualizar que de aceptar la Propuesta 1 y de presentarse un escenario pesimista, el ahorro generado por ésta se ve disminuida a un 78,5% a causa de la reposición por parte de la Minera de los componentes que conforme al análisis fallen de forma crítica luego que los camiones cumplan las 60.000 horas de vida operativa.

Tabla 3-21. Diferencia Propuesta 2 – Propuesta 1 con costo por repuestos excluidos

Propuesta 2 - Propuesta 1 (US\$)					
Escenario	Suma 2016-2023	Propuesta 2	Propuesta 1	Diferencia	Diferencia %
<b>Pesimista</b>	Costo Total CPT	\$ 678.430.870	\$ 570.414.970	\$ 108.015.900	15,9%
	Retiro Anticipado	\$ 2.357.459	\$ -	\$ 2.357.459	100,0%
	Costo por Repuestos Excluidos	\$ -	\$ 19.366.393	-\$ 19.366.393	-100,0%
	<b>Costo Total Contrato</b>	<b>\$ 680.788.329</b>	<b>\$ 589.781.363</b>	<b>\$ 91.006.966</b>	<b>13,4%</b>
<b>Probable</b>	Costo Total CPT	\$ 678.430.870	\$ 570.414.970	\$ 108.015.900	15,9%
	Retiro Anticipado	\$ 2.357.459	\$ -	\$ 2.357.459	100,0%
	Costo por Repuestos Excluidos	\$ -	\$ 6.167.525	-\$ 6.167.525	-100,0%
	<b>Costo Total Contrato</b>	<b>\$ 680.788.329</b>	<b>\$ 576.582.495</b>	<b>\$ 104.205.834</b>	<b>15,3%</b>
<b>Optimista</b>	Costo Total CPT	\$ 678.430.870	\$ 570.414.970	\$ 108.015.900	15,9%
	Retiro Anticipado	\$ 2.357.459	\$ -	\$ 2.357.459	100,0%
	Costo por Repuestos Excluidos	\$ -	\$ 3.282.862	-\$ 3.282.862	-100,0%
	<b>Costo Total Contrato</b>	<b>\$ 680.788.329</b>	<b>\$ 573.697.832</b>	<b>\$ 107.090.497</b>	<b>15,7%</b>

Fuente: Creación propia en base a cálculos y estudio técnico de confiabilidad

### 3.6. VALIDACIÓN DE LA MEJOR PROPUESTA DE RENOVACIÓN

En base a los datos obtenidos de ambas evaluaciones, tanto económica como técnica se valida como mejor propuesta de renovación, en base a su rentabilidad, a la Propuesta 1 presentada por Komatsu Chile, puesto que el ahorro generado sobre el Caso Base es un 18,8% equivalente 132,2 millones de dólares, sobre los 24,2 millones de dólares que ofrece como ahorro la Propuesta 2 sobre el Caso Base incluyendo los costos por retiro anticipado de los camiones para cumplir el plan minero.

Al incluir el costo por reposición por componentes excluidos, conforme a la propuesta de renovación, el ahorro generado por la Propuesta 1 sobre el Caso Base disminuye, variando en el caso de ocurrir 3 situaciones distintas, a partir del más optimista disminuyendo desde 18,8% a 18,6%, es decir una disminución de 3,3 millones de dólares, hasta el caso más pesimista en donde el ahorro cae a 13,9% con respecto al Caso Base, es decir una disminución equivalente de 19,4 millones de dólares respectivamente.

Por lo tanto en base a la disminución del ahorro, se concluye que la Propuesta 1 sigue siendo más conveniente, pues genera más ahorro que la Propuesta 2. Considerando que el mayor ahorro del ahorro total se genera en base al aumento de la vida útil del camión minera se concluye que podría resultar más conveniente

eliminar la condición de exclusión de reparaciones y provisión de éstos componente, pues el gasto involucrado en este punto es mayor al ahorro generado por el descuento debido a esta condición, especialmente al ocurrir un escenario pesimista.

Tabla 3-22. Diferencia Caso Base – Propuesta 1 escenarios posibles

Escenario	Caso Base - Propuesta 1 (US\$)				
	Suma 2016-2023	Caso Base	Propuesta 1	Diferencia	Diferencia %
<b>Pesimista</b>	Costo Total CPT	\$702.686.965	\$570.414.970	\$132.271.995	18,8%
	Retiro Anticipado	\$2.357.459	\$ -	\$ 2.357.459	100,0%
	Costo por Repuestos Excluidos	-	\$ 19.366.393	-\$ 19.366.393	-100,0%
	<b>Costo Total Contrato</b>	<b>\$705.044.424</b>	<b>\$589.781.363</b>	<b>\$115.263.061</b>	<b>16,3%</b>
<b>Probable</b>	Costo Total CPT	\$702.686.965	\$570.414.970	\$132.271.995	18,8%
	Retiro Anticipado	\$ 2.357.459	\$ -	\$ 2.357.459	100,0%
	Costo por Repuestos Excluidos	\$ -	\$ 6.167.525	-\$ 6.167.525	-100,0%
	<b>Costo Total Contrato</b>	<b>\$705.044.424</b>	<b>\$576.582.495</b>	<b>\$128.461.929</b>	<b>18,2%</b>
<b>Optimista</b>	Costo Total CPT	\$702.686.965	\$ 570.414.970	\$132.271.995	18,8%
	Retiro Anticipado	\$2.357.459	\$ -	\$ 2.357.459	100,0%
	Costo por Repuestos Excluidos	\$ -	\$ 3.282.862	-\$ 3.282.862	-100,0%
	<b>Costo Total Contrato</b>	<b>\$705.044.424</b>	<b>\$573.697.832</b>	<b>\$131.346.592</b>	<b>18,6%</b>

Fuente: Creación propia en base a cálculos y estudio técnico de confiabilidad

### 3.6.1. Ahorro por no inversión de camiones

Siendo el factor principal de ahorro de la renovación del contrato, a continuación en la tabla 3-23 se muestran los ahorros producidos por año por el costo capital producto de aumentar la vida de los camiones y no ingresar camiones nuevos. Además la tabla muestra el porcentaje del ahorro con respecto al costo capital anual del Caso Base, presentando un ahorro total acumulado por esta partida del 50%, es decir 128 millones de dólares aproximadamente.

Tabla 3-23. Ahorro por no inversión

Año	Ahorro no inversión US\$	% ahorro anual Costo Capital
<b>2016</b>	956.007	3,9%
<b>2017</b>	11.776.841	39,5%
<b>2018</b>	20.051.916	59,2%
<b>2019</b>	23.532.414	65,1%
<b>2020</b>	24.150.564	73,2%
<b>2021</b>	22.600.304	73,3%
<b>2022</b>	15.631.286	52,5%

<b>2023</b>	9.284.075	25,1%
<b>Total</b>	<b>127.983.407</b>	<b>50,3%</b>

Fuente: Creación propia en base a cálculos

### **3.7. MEJORA A LA PROPUESTA DE RENOVACIÓN DE CONTRATO MÁS RENTABLE**

Conforme al escenario actual que está pasando la industria minera del cobre y la necesidad de la Compañía de disminuir aún más sus costos de operación, o en su efecto ahorrar en procesos como el analizado en este trabajo, es que se evalúa la posibilidad de generar una mejora a la propuesta validada, es decir la Propuesta 1, y así generar más ahorro que el producido por esta propuesta sobre el Caso Base.

La mejora a la propuesta contempla que en los años 2022 y 2023 se tienen que ingresar a la flota de camiones, y en su efecto al modelo de valorización, un total de 31 camiones nuevos para poder cumplir con el plan minero en esos años. Además se observa que entre los años 2019 y 2020 un total de 8 camiones tienen que salir de la flota, para dar cumplimiento a lo planificado, sin completar las 90.000 horas de vida. Por lo tanto la propuesta para maximizar aún más el ahorro define volver a reutilizar estos camiones que aún mantienen un remanente de vida por utilizar.

Esta propuesta considera mantener bajo las dependencias de la Minera a los 8 camiones, antes mencionados, y realizar el mínimo de mantenimiento para que estos puedan volver a funcionar cuando se requiera. Para esto se estima conveniente realizar 3 mantenciones por año semejantes al programa que tiene el plan de mantenimiento programado de 500 horas de Komatsu para así asegurar la funcionalidad del camión en la puesta en marcha.

En la tabla 3-24 se muestra las diferencias generadas en los costos por año entre la Propuesta 1 y la propuesta mejorada, en donde se observa un ahorro generado principalmente en el costo capital producto de la no compra de camiones nuevos, en total un ahorro por este concepto de 6% en comparación a lo estipulado en la Propuesta 1. Sin embargo en los costos de repuestos y componentes y de mantenimiento de tolvas se puede observar un incremento en los costos, pues los camiones que retornan a operar tienen tramos más caros en las tarifas variables de estos costos en comparación a un camión nuevo que integra los primeros tramos, esto se traduce en un consumo mayor de aproximadamente 1%. En total el ahorro total de esta propuesta en comparación a la Propuesta 1 es de un 1%.

Tabla 3-24. Diferencia Propuesta 1 – Propuesta Mejorada

Año	Propuesta 1 - Propuesta mejorada (US\$)								Diferencia Total	% Diferencia Total
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
Costo Amortización	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$3.111.831	\$1.944.890	\$ 5.056.721	5%
Costo Interés	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$1.437.919	\$ 724.304	\$ 2.162.223	10%
Costo Capital	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$4.549.750	\$2.669.194	\$ 7.218.944	6%
Costo Repuesto y Componentes	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	-\$3.737.319	\$ 33.213	-\$3.704.106	-1%
Costo Mantenimiento Tolva	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	-\$ 59.299	-\$ 130.230	-\$ 189.529	-1%
Costo Mano de Obra	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$ -	\$ -	\$ -	0%
Costo Componente de Soporte	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$ -	\$ -	\$ -	0%
Otros Costos	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$ -	\$ -	\$ -	0%
Descuento	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$ -	\$ -	\$ -	0%
Costo Total	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$753.132	\$2.572.177	\$3.325.309	1%
CPT c/Capital (US\$/tm)	0	0	0	0	0	0	0,005267	0,017885	0,023152	1%
CPT s/Capital (US\$/tm)	0	0	0	0	0	0	-0,02655	-0,000675	-0,027225	-1%

Fuente. Creación propia con base en cálculos

Como se mencionó anteriormente para poder contar con los camiones, desde la detención de estos a la puesta en marcha en buenas condiciones, sería necesario realizar 3 mantenencias programadas por año por camión. En la tabla 3-25 se muestran las mantenencias necesarias que tendrían que realizarse a cada camión en los meses que estos estarían detenidos, sumando todas las mantenencias da en total 40.

Tabla 3-25. Número de mantenencias propuesta mejorada

<b>Camión</b>	<b>Meses Detención</b>	<b>Mantenencias Necesarias</b>
<b>CA-50</b>	21	5
<b>CA-51</b>	22	6
<b>CA-52</b>	22	6
<b>CA-53</b>	15	4
<b>CA-54</b>	15	4
<b>CA-55</b>	16	4
<b>CA-56</b>	16	4
<b>CA-57</b>	17	4
<b>Total</b>		<b>40</b>

Fuente: Creación propia en base a cálculos

En cuanto al reingreso de los 8 camiones al modelo de valorización la tabla 3-26 muestra el mes en los camiones que dejaron de operar por primera vez como también el mes en que éstos debieran entrar, siendo el reingreso de todos el año 2022. Además la tabla muestra los horómetro con que los camiones vuelven a operar teniendo todos un remanente de horas operativas superior a las 60.000 horas, es decir 1 año más de operación.

Tabla 3-26. Ingreso de camiones propuesta mejorada

<b>Camión</b>	<b>Último Mes Trabajado</b>	<b>Mes de Reingreso</b>	<b>Horómetro Reingreso</b>
<b>CA-50</b>	dic-2019	feb-2022	79.606
<b>CA-51</b>	dic-2019	mar-2022	79.887
<b>CA-52</b>	dic-2019	mar-2022	80.354
<b>CA-53</b>	dic-2020	abr-2022	84.573
<b>CA-54</b>	dic-2020	abr-2022	85.401

Tabla 3-26. Ingreso de camiones propuesta mejorada (continuación)

<b>Camión</b>	<b>Último Mes Trabajado</b>	<b>Mes de Reingreso</b>	<b>Horómetro Reingreso</b>
<b>CA-55</b>	dic-2020	may-2022	85.183
<b>CA-56</b>	dic-2020	may-2022	84.051
<b>CA-57</b>	dic-2020	jun-2022	83.995

Fuente: Creación propia en base a cálculos

El costo de cada mantención no se ha determinado, pues es un valor no informado a la Minera, sin embargo se deja estipulado un valor referencial en función del ahorro obtenido para cada mantención y así generar este ahorro adicional a la Minera.

En la tabla 3-27 se muestra el costo que debería tener una mantención del camión detenido en función del ahorro que se quiera generar, siendo la opción más optimista la que genera un 85% del ahorro total de esta propuesta, para lograr este ahorro es necesario que el costo de cada mantenimiento a realizar a los camiones no supere los US\$26.500.

Tabla 3-27. Costo mantenimiento en función del ahorro

<b>% Ahorrado</b>	<b>Ahorro Total US\$</b>	<b>Costo Mantención US\$</b>
<b>0%</b>	0	83.133
<b>50%</b>	1.662.655	41.566
<b>75%</b>	2.078.318	31.175
<b>85%</b>	2.265.367	26.499

Fuente: Creación propia en base a cálculos

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En base a los análisis y resultados a partir de este trabajo, en el marco del proceso de renovación del contrato del sistema de transporte mina llevado por Minera Los Pelambres y Komatsu Chile, se concluye lo siguiente:

- I. La propuesta de renovación más rentable para Minera Los Pelambres tanto económica como técnica resulta ser la Propuesta 1, la cual contempla un aumento de la vida útil del camión de 60.000 a 90.000 horas, es decir 5 años más, y una aplicación de descuentos diversos a raíz de este aumento de vida útil y el riesgo que conlleva, como también por la disminución de dotación solicitado por la Minera y un acuerdo comercial de implementar los servicios de mantenimiento y provisión de camiones mineros a las demás faenas de Antofagasta Minerals.
- II. La Propuesta 1 de renovación de contrato genera un ahorro efectivo, utilizando una proyección sin reajustabilidad, de 132 millones de dólares con respecto al Caso Base del contrato, que es como se opera actualmente el modelo de valorización, representado un ahorro del 19%. Esto proviene casi en su totalidad por el ahorro a la no inversión de los camiones mineros, es decir prolongar la vida útil de los camiones que integran la flota y así no tener que comprar camiones nuevos para cumplir con el plan de extracción, pues un 97% del ahorro total corresponde a esta partida de costo capital.
- III. Por lo tanto, a partir de lo indicado anteriormente se concluye también que el ahorro generado por el esfuerzo de involucrar descuentos al modelo de valorización es menor, pues conforme a los resultados en la comparación del Caso Base con la Propuesta 2, que contempla mantener la vida útil del camión en 10 años y aplica los mismos descuentos que la Propuesta 1, ésta es sólo de un 3% con respecto al costo total del Caso Base en los 8 años de extensión del contrato.
- IV. En cuanto al análisis técnico se concluye que es importante realizar una evaluación de confiabilidad profesional a los camiones, especialmente a los componentes más críticos como la estructura del camión, para determinar la confiabilidad que estos presentarán a medida que el horómetro del camión aumente, además esta evaluación permitiría establecer criterios e intervenciones más precisas a los camiones a fin de mantener sus condiciones de operación aptas.
- V. El análisis técnico además permite concluir que, conforme al gasto incurrido por la Propuesta 1 en la reposición de ciertos componentes, que están excluidos de los planes de reparación y reposición por Komatsu a partir de las 60.000 horas operativas del camión hacia delante, conforme a la propuesta de renovación, se determina que para los casos optimista y pesimista del análisis de sensibilidad es más rentable para la Minera aceptar la condición y los

descuentos aplicados al costo de componentes y repuestos, pues el gasto de estos escenarios es menor al ahorro generado total por los descuentos en esta partida en los 8 años. Sin embargo para un escenario pesimista, es más conveniente desistir del descuento aplicado por concepto de excluir los componentes en la propuesta y no aceptar esta condición, pues genera un gasto excesivo. Se recomienda al administrador del contrato determinar el escenario probable presentado en este trabajo realizando un estudio de confiabilidad profesional a los componentes afectados.

- VI. Al analizar la mejora a la Propuesta 1, que contempla reintegrar 8 camiones a la operación, los cuales salieron del modelo de valorización sin cumplir su vida útil por completo, se establece que ésta es rentable solo si el precio de las mantenciones a realizar a los camiones detenidos entre el momento de salida y reintegración, en total 3 al año por camión, no supere los 24.500 dólares en costo, lo que genera un ahorro del 85% del total posible ahorrado por esta mejora, este porcentaje equivale a un ahorro equivalente a US\$2.265.367. Además se recomienda evaluar este ahorro no como un ahorro generado en 8 años, sino en un ahorro generado en los 2 años que esta mejora podría ser aplicado.

Además se solicita a la Minera considerar las siguientes recomendaciones en base a lo concluido en este trabajo:

- I. Integrar a operación mina con mayor insistencia en la correcta operación de los camiones mineros, a partir de las 60.000 horas, debido a que no se tiene un claro funcionamiento de los camiones a partir de los 10 años de vida, así se puede prevenir futuras fallas por malas prácticas operacionales y no disminuir el ahorro generado por la inminente renovación del contrato.
- II. Solicitar a Komatsu Chile una mayor presencia de su departamento de confiabilidad en la mantención del camión minero, generando periódicamente informes de los estados de los componentes como también proyecciones de confiabilidad de éstos, para de esta manera aumentar este indicador en la flota de camiones y mantenerlo controlado.
- III. Se recomienda generar un análisis profesional de confiabilidad a los componentes pertenecientes al listado de exclusiones de reparación de la propuesta de renovación, por alguna empresa dedicada al área, pues si éste análisis determina una alta probabilidad de falla para estos componentes en la vida útil extendida del camión, y se calcula que el costo provocado por estas fallas es mayor al ahorro generado por el descuento aplicado a esta lista, es recomendable desprenderse del descuento para poder incluir la reparación y/o reposición de éstos por cuenta de Komatsu, debido al bajo ahorro que genera este descuento.
- IV. Además, considerando el bajo ahorro generado por los descuentos aplicados a los costos variables, se recomienda considerar la posibilidad de evaluar estos

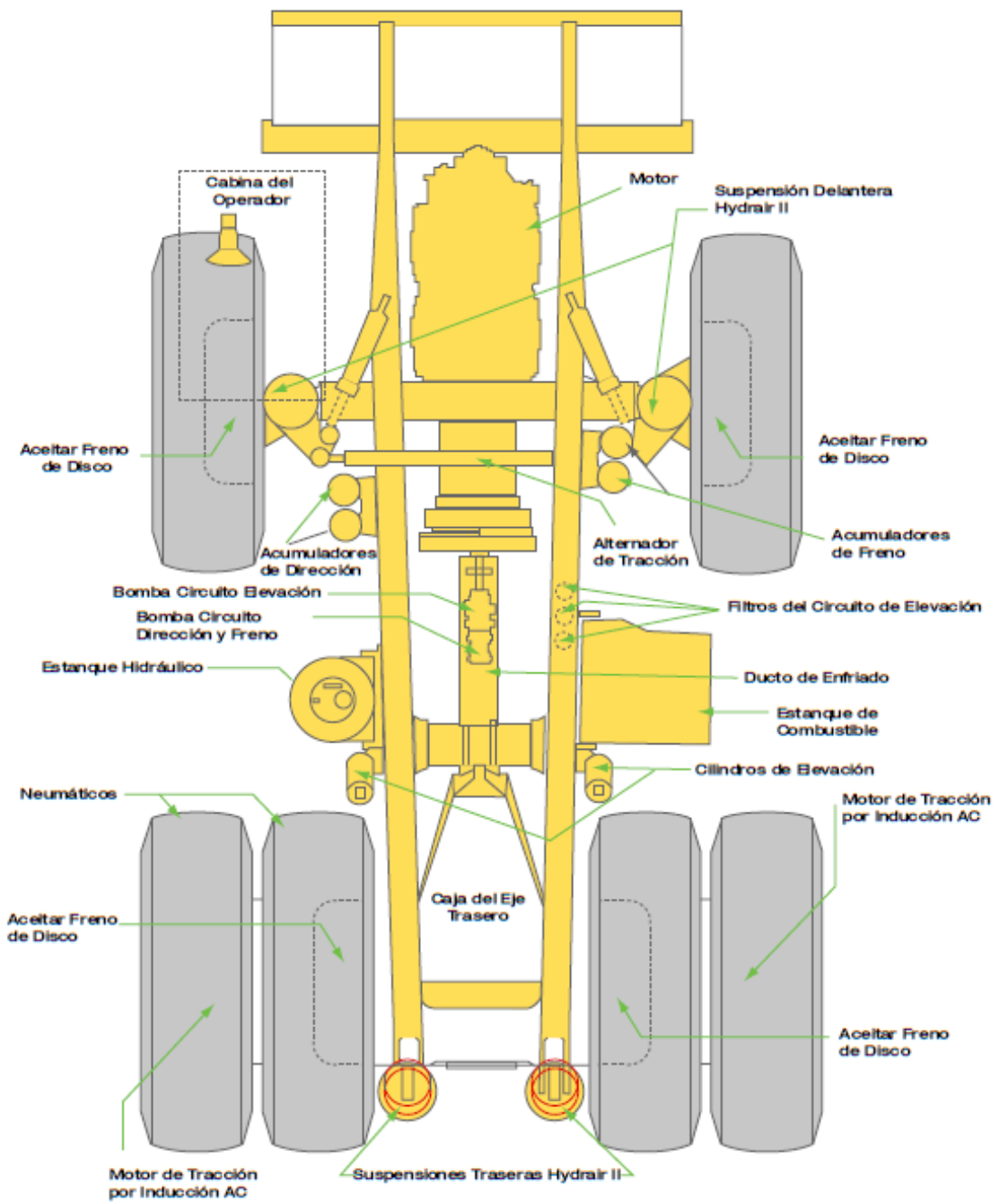
descuentos en función de aumentar las prestaciones de mantención y dedicación de la empresa contratista en los trabajos a realizar en los camiones. Conforme a esto es muy probable, en base a los resultados obtenidos en el trabajo, que resulte más conveniente disminuir los descuentos o eliminarlos para mejorar la mantención de los camiones, especialmente en las horas de vida agregadas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Reporte de Sustentabilidad Minera Los Pelambres. Chile, 2013 [en línea]. <<http://www.pelambres.cl/reportessustentabilidad/ReporteSustentabilidadMLP2013.pdf>> [consulta 4 agosto 2015].
- Contrato de Servicios 326: Sistema de Transporte Mina. Minera Los Pelambres, Chile, 2006.
- Contratos de Reparación y Mantenimiento (R&M) [en línea]. <<http://portalkch.komatsu.cl/soporte-y-servicios/contratos-y-servicios/>> [consulta: 4 agosto 2015]
- LARA Reyes, Elizabeth Franchesca: Transición y puesta en marcha de nueva metodología en gestión de KPIs operacionales. Memoria (Ingeniero Civil Industrial en Minas) Antofagasta, Chile: Universidad de Antofagasta, 2015, 105 h.
- ROMERO Lopez, Eduardo. Estudio de mejora del mantenimiento mediante la aplicación de la distribución de Weibull a un histórico de fallos [en línea]. <<http://es.slideshare.net/EduardoRL2/pfpg>> [consulta: 29 octubre 2015]
- MEJIA Céspedes, Jesús Manuel. Curva de la bañera [en línea]. <<http://es.scribd.com/doc/177453181/Curva-de-la-banera#scribd>> [consulta: 15 octubre 2015]
- KOMATSU CHILE. Curso de Mantenimiento de camiones Komatsu 930E – 830E [CD-ROM].

**ANEXOS**

## ANEXO A: ESTRUCTURA CAMIÓN KOMATSU 930E



Fuente: Manual mantenimiento camión Komatsu 930E

**ANEXO B: CANASTA DE REPUESTOS REPRESENTATIVA CAMIÓN  
KOMATSU**

Nº Ítem	Línea	Nº Parte	Descripción	Base 2005 US\$
1	105	AK3320	FAROL,LUZ TRASERA	41,7
2	105	AK3326	FOCO RETROCESO	45,8
3	105	AK3332	FAROL DE LUZ ALTA,24V/100 A	51,8
4	105	AK3333	FOCO DEL.DE BAJA 24V 100W	51,8
5	105	AK3335	LENTE REFLECTOR	17,8
6	105	AK3336	LENTE REFLECTOR	17,8
7	105	AK3341	LENTE DE FAROL	34,4
8	105	AK3342	LENTE DE FAROL	33,7
9	105	AK3570	ELEMENTO FILTRO HID.ALTA PRES.	89,8
10	105	AK3572	[06] ELEMENTO FILTRO HIDRAULIC	86,8
11	105	AK3893	ESPEJO RETROVISOR RECTANGULAR	371,0
12	105	AK7503	FAROL DE LUCES TRASERO COMPLET	40,0
13	105	AK7504	FAROL DELANT.DE SERVICIO 24 V	45,3
14	105	AK7506	CONJ.FAROL TRASERO 7 PZAS.	43,7
15	105	AK7508	FAROL DE LUCES TRASERA	43,7
16	105	AK7524	FLANCHE MONT. DE FAROL NEBL.	47,7
17	105	AK7534	FAROL DE SERVICIO	18,3
18	105	AK7536	FAROL DE RETARDO	21,3
19	105	AK7538	LENTE REFLEC.LUZ PARADA	21,3
20	105	AK7552	CARCAZA UNIVERSAL	12,1
21	105	AK7557	RESISTENCIA DE FAROL	20,9
22	105	AK7575	AMPOLLETA HALOGENA 24V-65W	9,9
23	105	AK8455	FAROL LUZ ROJA	51,2
24	105	AK8456	FOCO LUZ INTERM.FRONT	50,2
25	105	BF0463	PIOLA ASIENTO OPERADOR	32,3
26	105	BF2224	VALVULA MODULADORA	2.125,0
27	105	BF2732	VALVULA DE EXPANCIÓN	85,1
28	105	BF2843	BOBINA 24 V.MULT.FRENO	46,8
29	105	BF3732	ANILLO DE RESPALDO	50,2
30	105	BF3780	TARJETA	727,1
31	105	D2781	PERNO DE ACERO	1,6
32	105	GE0167	CONTACTOR	1.477,8
33	105	GE0307	TARJETA	7.289,3
34	105	GE0308	TARJETA	8.270,4
35	105	GE0310	TARJETA	4.465,1
36	105	GE0313	TARJETA	2.518,9
37	105	GE0351	ARCO CONDUCTOR	161,3
38	105	GE0355	PLACA DER. CHUTE,ARC CONTACTOR	37,7
39	105	GE0356	PLACA IZQ, CHUTE ARC CONTACTOR	37,1
40	105	GE0367	TARJETA	8.295,4
41	105	GE0466	BATERIA	354,1
42	105	HA7165	MANGURA C/NIPLES	48,0
43	105	HA7410	MANGURA C/NIPLES	71,4

Nº Ítem	Línea	Nº Parte	Descripción	Base 2005 US\$
44	105	LA0543	BBA. DE ENGRASE	9.538,5
45	105	MM0738	PERNO HEX.DE ACERO	155,1
46	105	PB4307	INTERRUPTOR DE PROXIMIDAD	318,1
47	105	PB4847	AMPOLLETA,PANEL	1,4
48	105	PB6785	INTERRUPTOR PRESION CAB. FRENO	332,6
49	105	PB7001	FILTRO DE AIRE CALEFACTOR	64,2
50	105	PB7491	ESPEJO RETROVISOR LATERAL CONV	172,4
51	105	PB7620	INTERRUPTOR ELECTRICO	42,0
52	105	PB8689	DEPOSITO DE AIRE	58,6
53	105	PB8735	INTERRUPTOR ELECT.PARADA MOTOR	52,8
54	105	PB9288	COMPRESOR DE AIRE	582,0
55	105	PB9510	CONDENSADOR A/CONDICIONADO	1.248,0
56	105	PB9775	SOPORTE GOMA	118,0
57	105	PB9925	PLUMILLA,LIMPIAPARAB.	20,7
58	105	PC0056	CORREA	13,7
59	105	PC0254	INTERRUPTOR	89,8
60	105	PC0310	TRANSDUCTOR DE PRESION,PLM	1.753,4
61	105	PC0374	RELE	814,1
62	105	SM2516	RADIADOR	278,3
63	105	SM3189	RELE	22,6
64	105	SR6747	BULBO ELECTRICO 24 VOLT	9,6
65	105	TA0603	NIPLE DE BRONCE	3,2
66	105	TX6079	SOPORTE METALICO SIST. ELECT.	52,9
67	105	TY8118	EMPAQ. ESTANQUE HIDR.	43,4
68	105	VD4661	MANGUERA SIST. ENGRASE	123,7
69	105	VE0174	DIODO RECTIFICADOR	1.003,9
70	105	VE1474	TAPA TANQUE EXPANSION	62,3
71	105	VE2941	BOMBA LIMPIAPARABRISAS	33,8
72	105	VE3530	INTERRUPTOR ELECTRICO	322,8
73	105	VE3530	INTERRUPTOR ELECTRICO	322,8
74	105	VE3880	SELLO	20,8
75	105	VE4326	DISIPADOR DE TEMPERATURA	1.315,6
76	105	VE7076	CARBONES DE SOPLADOR	24,6
77	105	VE7562	POTENCIOMETRO	163,4
78	105	VE8444	CARBON C/CHICOTE COBRE R-320	52,8
79	105	VE8721	COMPRESOR ASIENTO OPERADOR	424,7
80	105	VE9590	ANILLO DE GOMA	19,7
81	105	VG9095	ANILLO DE GOMA	0,2
82	105	VH8186	TUERCA SEGURO 1"	10,2
83	105	VJ0972	CAPTADOR MAGNETICO	181,1
84	105	VL4293	BUJE	261,0
85	105	VL6234	BULBO ELECTRICO	2,1
86	105	VM0314	TAPON ACERO CILINDRO SUSPENSIO	1,7
87	105	VM1464	TORNILLO CABINA CONTROL 10X5/8	0,1
88	105	VN9353	ANILLO DE RETENEDOR	87,3
89	105	VW7990	TAPA INYECTORES DE GRASA	17,5
90	105	VZ1912	AMPOLLETA LUZ CABINA 24V	5,9
91	105	VZ5080	BULBS	3,0

Nº Ítem	Línea	Nº Parte	Descripción	Base 2005 US\$
<b>92</b>	105	WA0245	ANILLO GOMA	1,2
<b>93</b>	105	WA0360	GOLILLA DE ACERO	0,2
<b>94</b>	105	WA1066	ABRAZADERA	14,8
<b>95</b>	105	WA1602	TERM. VARILLA TORQUE SIST. FRE	16,8
<b>96</b>	105	WA3367	TUERCA DE ACERO	0,1
<b>97</b>	105	WB0252	NIPLE DE BRONCE	4,7
<b>98</b>	105	WB0505	CODO DE ACERO 90	5,2
<b>99</b>	105	WB1049	ABRAZADERA	21,5
<b>100</b>	105	WB1088	ABRAZADERA	32,2
<b>TOTAL LISTADO US\$</b>				<b>57.704,8</b>

Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

**ANEXO C: CANASTA DE REPUESTOS REPRESENTATIVOS MOTOR DIESEL  
QSK60**

ITEM	Descripción	Nº Parte	Base 2005 US\$
1	PAPER ELIMINATOR	339359200	20,34
2	FILTRO DE AIRE PRIMARIO	AF899M	154,03
3	FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	AF880	81,41
4	SEAL,O RING	406611200	1,41
5	CLIP	308182500	7,56
6	SEAL,O RING	13102600	1,41
7	SEAL,O RING	302829100	1,41
8	SCREW,HEX FLANGE HEAD CAP	333223400	2,64
9	NUT,HEXAGON FLANGE	309382800	0,66
10	GASKET,CONNECTION	308924700	1,43
11	SEAL,O RING	300751200	6,23
12	SEAL,O RING	363074000	2,18
13	NUT,LOCK	308927100	2,70
14	SEAL,O RING	308937000	2,89
15	GASKET,CONNECTION	317128700	3,32
16	GASKET,CONNECTION	400071600	8,82
17	SEAL,INJECTOR	386768700	4,50
18	SCREW,HEX FLANGE HEAD CAP	390063400	3,72
19	NUT,HEXAGON FLANGE	308919100	16,52
20	GASKET,FLANGE	305094400	6,62
21	GASKET,TURBOCHARGER	317136800	9,70
22	SEAL,THERMOSTAT	362796100	11,69
23	CLAMP,T BOLT	308930700	14,39
24	GASKET,AIR COMPRESSOR	307622600	12,14
25	SCREW,HEX FLANGE HEAD CAP	400083700	11,87
26	SEAL,O RING	21618700	11,85
27	BEARING,CON ROD (STD)	308987200	12,12
28	CLAMP,T BOLT	14031500	14,12
29	CLIP	317505800	15,24
30	GASKET,EXHAUST MANIFOLD	308231500	41,02
31	GASKET,INTAKE MANIFOLD	406603800	16,25
32	HOSE,MOLDED	306488600	103,86
33	SCREW,HEX FLANGE HEAD CAP	317138600	9,36
34	SEAL,RECTANGULAR RING	308950100	24,97
35	GASKET,THERMOSTAT HOUSING	305290600	21,15
36	GASKET,THERMOSTAT HOUSING	341068800	55,50
37	GASKET,FUEL CONNECTION	333218100	35,83
38	HOSE,PLAIN	306742800	79,64
39	CLAMP,V BAND	308976500	27,22
40	SENSOR,TEMPERATURE	340834500	43,00
41	SHIM	308838600	45,05
42	GASKET,CONNECTION	305177900	4,13
43	GASKET,RKR LEVER HOUSING	317149900	49,16

ITEM	Descripción	Nº Parte	Base 2005 US\$
44	SEAL,O RING	14552800	1,41
45	PLUG,THREADED	308923800	5,22
46	LOCKPLATE	317142100	2,91
47	SEAL,O RING	10817200	1,41
48	HOSE,FLEXIBLE	341101900	52,75
49	HOSE,FLEXIBLE	341102000	52,75
50	HOSE,FLEXIBLE	408014200	53,94
51	ELBOW,MALE UNION	341112900	27,90
52	GASKET,CONNECTION	308995500	2,43
53	GASKET,FLANGE	308931800	1,79
54	CLAMP,HOSE	4382800D	3,30
55	GASKET,FLANGE	308931900	1,52
56	SEAL,T RING	20680800	28,55
57	CLAMP,HOSE	325431500	14,41
58	GASKET,CONNECTION	317117000	14,99
59	GASKET,EXH OUT CONNECTION	317130600	65,06
60	GASKET,AFTERCOOLER COVER	400071300	29,60
<b>TOTAL LISTADO US\$</b>			<b>1.359,00</b>

Fuente: Gerencia Mina, Minera Los Pelambres

## ANEXO D: MODELO DE VALORIZACIÓN SISTEMA TRANSPORTE MINA



Q a calcular	2015	4
	2015-4	
Tipo Proyección:	Pronóstico	
Aplicar Descuento:	Si	

Toneladas Movidas Planificadas	140.827.000
Número de Camiones	52
Horas Operacionales Total Anual	308.423

	Valor	Variación
U.F.	\$ 24.910,61	1,014393
ICMO	239,169	1,013914
Canasta Rptos.camion	\$ 110.049,95	1,058564
Canasta Rptos.Diesel	\$ 2.229,63	1,073925
Precio acero	\$ 821,93	0,851744
IPC	109,940	1,035017
PPI	263,165	1,009067

Vida útil camión (horas)	60.000
--------------------------	--------

**CPT**  
\$ **0,592830**

**CPT s/Capital**  
\$ **0,415570**

Costos		Factor
Costo Capital	\$ 24.963.075	
Costo Cuota Amortización	\$ 21.501.353	
Costo Interés	\$ 3.461.722	
Costo Repuesto y Componentes	\$ 43.585.111	1,0379
Costo Mantenimiento Tolva	\$ 1.929.405	0,90857
Costo Mano de Obra	\$ 14.630.969	1,01411
Costo Componente de Soporte	\$ 1.881.380	
<b>Costos Totales</b>		
Costo Consorcio Operación	\$ 130.000,00	
Costo Consorcio Legales	\$ 50.000,00	
Seguros - Aporte MLP	\$ 72.277	
<b>Seguro</b>		
	\$ 6.000	
<b>Descuentos</b>		
Tarifa Variable	-\$ 900.000	
Prima Riesgo 5% Rep. Comp.	-\$ 2.105.833	
Tarifa Tolvas	-\$ 275.000	
Prima Riesgo 5% Tolva	-\$ 106.932	
Tarifa Cummins	-\$ 312.277	
Componentes de soporte	-\$ 61.685	
<b>Total Descuentos</b>		
	-\$ 3.761.727	
<b>Costo Total s/Capital</b>		
	\$ 58.523.415	
<b>Total</b>		
	\$ 83.486.490	

Fuente: Creación propia con base en software creado para calcular CPT

## ANEXO E: EJEMPLO TABLA AMORTIZACIÓN

CA	72
Valor Equipo (US\$):	\$ 3.742.456
Spread (%):	1,70%
Número de Meses	120
Mes Ingreso	dic-07

Periodo	Año	Intereses	Cuota Amortización
1	2007	\$ 21.609	\$ 31.187
2	2008	\$ 185.105	\$ 374.246
3	2009	\$ 83.428	\$ 374.246
4	2010	\$ 56.931	\$ 374.246
5	2011	\$ 48.478	\$ 374.246
6	2012	\$ 44.347	\$ 374.246
7	2013	\$ 33.027	\$ 374.246
8	2014	\$ 25.051	\$ 374.246
9	2015	\$ 18.094	\$ 374.246
10	2016	\$ 10.810	\$ 374.246

Mes	Mes y Año	Saldo Insoluto Capital	Amortización	Libor	Intereses	Cuota Arriendo	Valor Acumulado Pagado
0	11-07	\$3.742.456,15					\$0,00
1	12-07	\$3.711.269,02	\$31.187,13	5,23%	\$21.608,79	\$52.795,92	\$52.795,92
2	01-08	\$3.680.081,88	\$31.187,13	4,84%	\$20.234,15	\$51.421,28	\$104.217,20
3	02-08	\$3.648.894,75	\$31.187,13	4,84%	\$20.064,11	\$51.251,25	\$155.468,45
4	03-08	\$3.617.707,61	\$31.187,13	4,84%	\$19.894,08	\$51.081,21	\$206.549,66
5	04-08	\$3.586.520,48	\$31.187,13	2,67%	\$13.178,25	\$44.365,39	\$250.915,05
6	05-08	\$3.555.333,34	\$31.187,13	2,67%	\$13.064,65	\$44.251,78	\$295.166,83
7	06-08	\$3.524.146,21	\$31.187,13	2,67%	\$12.951,04	\$44.138,18	\$339.305,01
8	07-08	\$3.492.959,08	\$31.187,13	2,80%	\$13.217,40	\$44.404,53	\$383.709,54
9	08-08	\$3.461.771,94	\$31.187,13	2,80%	\$13.100,43	\$44.287,56	\$427.997,11
10	09-08	\$3.430.584,81	\$31.187,13	2,80%	\$12.983,46	\$44.170,60	\$472.167,71
11	10-08	\$3.399.397,67	\$31.187,13	3,76%	\$15.614,54	\$46.801,67	\$518.969,38
12	11-08	\$3.368.210,54	\$31.187,13	3,76%	\$15.472,59	\$46.659,72	\$565.629,10
13	12-08	\$3.337.023,40	\$31.187,13	3,76%	\$15.330,63	\$46.517,77	\$612.146,87
14	01-09	\$3.305.836,27	\$31.187,13	1,47%	\$8.808,35	\$39.995,49	\$652.142,35
15	02-09	\$3.274.649,13	\$31.187,13	1,47%	\$8.726,03	\$39.913,16	\$692.055,52
16	03-09	\$3.243.462,00	\$31.187,13	1,47%	\$8.643,71	\$39.830,84	\$731.886,36
17	04-09	\$3.212.274,86	\$31.187,13	1,33%	\$8.193,12	\$39.380,25	\$771.266,62
18	05-09	\$3.181.087,73	\$31.187,13	1,33%	\$8.114,34	\$39.301,47	\$810.568,09
19	06-09	\$3.149.900,59	\$31.187,13	1,33%	\$8.035,56	\$39.222,69	\$849.790,78
20	07-09	\$3.118.713,46	\$31.187,13	0,60%	\$6.030,75	\$37.217,88	\$887.008,67
21	08-09	\$3.087.526,33	\$31.187,13	0,60%	\$5.971,04	\$37.158,17	\$924.166,84
22	09-09	\$3.056.339,19	\$31.187,13	0,60%	\$5.911,33	\$37.098,46	\$961.265,30
23	10-09	\$3.025.152,06	\$31.187,13	0,28%	\$5.049,33	\$36.236,46	\$997.501,76
24	11-09	\$2.993.964,92	\$31.187,13	0,28%	\$4.997,80	\$36.184,94	\$1.033.686,70
25	12-09	\$2.962.777,79	\$31.187,13	0,28%	\$4.946,28	\$36.133,41	\$1.069.820,11
26	01-10	\$2.931.590,65	\$31.187,13	0,25%	\$4.816,07	\$36.003,20	\$1.105.823,32
27	02-10	\$2.900.403,52	\$31.187,13	0,25%	\$4.765,37	\$35.952,51	\$1.141.775,82

Mes	Mes y Año	Saldo Insoluto Capital	Amortización	Libor	Intereses	Cuota Arriendo	Valor Acumulado Pagado
28	03-10	\$2.869.216,38	\$31.187,13	0,25%	\$4.714,68	\$35.901,81	\$1.177.677,64
29	04-10	\$2.838.029,25	\$31.187,13	0,29%	\$4.758,36	\$35.945,49	\$1.213.623,13
30	05-10	\$2.806.842,11	\$31.187,13	0,29%	\$4.706,64	\$35.893,77	\$1.249.516,90
31	06-10	\$2.775.654,98	\$31.187,13	0,29%	\$4.654,91	\$35.842,05	\$1.285.358,95
32	07-10	\$2.744.467,85	\$31.187,13	0,53%	\$5.167,11	\$36.354,25	\$1.321.713,19
33	08-10	\$2.713.280,71	\$31.187,13	0,53%	\$5.109,06	\$36.296,19	\$1.358.009,38
34	09-10	\$2.682.093,58	\$31.187,13	0,53%	\$5.051,00	\$36.238,13	\$1.394.247,52
35	10-10	\$2.650.906,44	\$31.187,13	0,29%	\$4.447,81	\$35.634,94	\$1.429.882,46
36	11-10	\$2.619.719,31	\$31.187,13	0,29%	\$4.396,09	\$35.583,22	\$1.465.465,68
37	12-10	\$2.588.532,17	\$31.187,13	0,29%	\$4.344,37	\$35.531,50	\$1.500.997,18
38	01-11	\$2.557.345,04	\$31.187,13	0,30%	\$4.320,28	\$35.507,42	\$1.536.504,60
39	02-11	\$2.526.157,90	\$31.187,13	0,30%	\$4.268,23	\$35.455,36	\$1.571.959,96
40	03-11	\$2.494.970,77	\$31.187,13	0,30%	\$4.216,18	\$35.403,31	\$1.607.363,28
41	04-11	\$2.463.783,63	\$31.187,13	0,30%	\$4.164,52	\$35.351,66	\$1.642.714,93
42	05-11	\$2.432.596,50	\$31.187,13	0,30%	\$4.112,47	\$35.299,60	\$1.678.014,53
43	06-11	\$2.401.409,36	\$31.187,13	0,30%	\$4.060,41	\$35.247,54	\$1.713.262,08
44	07-11	\$2.370.222,23	\$31.187,13	0,25%	\$3.893,79	\$35.080,92	\$1.748.343,00
45	08-11	\$2.339.035,10	\$31.187,13	0,25%	\$3.843,22	\$35.030,35	\$1.783.373,35
46	09-11	\$2.307.847,96	\$31.187,13	0,25%	\$3.792,65	\$34.979,78	\$1.818.353,13
47	10-11	\$2.276.660,83	\$31.187,13	0,37%	\$3.989,37	\$35.176,50	\$1.853.529,63
48	11-11	\$2.245.473,69	\$31.187,13	0,37%	\$3.935,45	\$35.122,59	\$1.888.652,22
49	12-11	\$2.214.286,56	\$31.187,13	0,37%	\$3.881,54	\$35.068,68	\$1.923.720,90
50	01-12	\$2.183.099,42	\$31.187,13	0,58%	\$4.208,99	\$35.396,12	\$1.959.117,02
51	02-12	\$2.151.912,29	\$31.187,13	0,58%	\$4.149,71	\$35.336,84	\$1.994.453,86
52	03-12	\$2.120.725,15	\$31.187,13	0,58%	\$4.090,43	\$35.277,56	\$2.029.731,43
53	04-12	\$2.089.538,02	\$31.187,13	0,47%	\$3.831,71	\$35.018,84	\$2.064.750,27
54	05-12	\$2.058.350,88	\$31.187,13	0,47%	\$3.775,36	\$34.962,49	\$2.099.712,76
55	06-12	\$2.027.163,75	\$31.187,13	0,47%	\$3.719,01	\$34.906,15	\$2.134.618,91
56	07-12	\$1.995.976,61	\$31.187,13	0,46%	\$3.649,91	\$34.837,04	\$2.169.455,95
57	08-12	\$1.964.789,48	\$31.187,13	0,46%	\$3.593,76	\$34.780,89	\$2.204.236,84
58	09-12	\$1.933.602,35	\$31.187,13	0,46%	\$3.537,60	\$34.724,74	\$2.238.961,58
59	10-12	\$1.902.415,21	\$31.187,13	0,36%	\$3.316,93	\$34.504,07	\$2.273.465,65
60	11-12	\$1.871.228,08	\$31.187,13	0,36%	\$3.263,43	\$34.450,57	\$2.307.916,22
61	12-12	\$1.840.040,94	\$31.187,13	0,36%	\$3.209,94	\$34.397,07	\$2.342.313,29
62	01-13	\$1.808.853,81	\$31.187,13	0,31%	\$3.079,00	\$34.266,14	\$2.376.579,43
63	02-13	\$1.777.666,67	\$31.187,13	0,31%	\$3.026,82	\$34.213,95	\$2.410.793,38
64	03-13	\$1.746.479,54	\$31.187,13	0,31%	\$2.974,63	\$34.161,76	\$2.444.955,14
65	04-13	\$1.715.292,40	\$31.187,13	0,28%	\$2.885,48	\$34.072,61	\$2.479.027,75
66	05-13	\$1.684.105,27	\$31.187,13	0,28%	\$2.833,95	\$34.021,08	\$2.513.048,83
67	06-13	\$1.652.918,13	\$31.187,13	0,28%	\$2.782,42	\$33.969,56	\$2.547.018,39
68	07-13	\$1.621.731,00	\$31.187,13	0,27%	\$2.717,81	\$33.904,95	\$2.580.923,33
69	08-13	\$1.590.543,86	\$31.187,13	0,27%	\$2.666,53	\$33.853,67	\$2.614.777,00
70	09-13	\$1.559.356,73	\$31.187,13	0,27%	\$2.615,25	\$33.802,39	\$2.648.579,39

71	10-13	\$1.528.169,60	\$31.187,13	0,25%	\$2.532,46	\$33.719,59	\$2.682.298,98
----	-------	----------------	-------------	-------	------------	-------------	----------------

Mes	Mes y Año	Saldo Insoluto Capital	Amortización	Libor	Intereses	Cuota Arriendo	Valor Acumulado Pagado
72	11-13	\$1.496.982,46	\$31.187,13	0,25%	\$2.481,81	\$33.668,95	\$2.715.967,93
73	12-13	\$1.465.795,33	\$31.187,13	0,25%	\$2.431,16	\$33.618,30	\$2.749.586,22
74	01-14	\$1.434.608,19	\$31.187,13	0,25%	\$2.377,76	\$33.564,90	\$2.783.151,12
75	02-14	\$1.403.421,06	\$31.187,13	0,25%	\$2.327,17	\$33.514,31	\$2.816.665,43
76	03-14	\$1.372.233,92	\$31.187,13	0,25%	\$2.276,58	\$33.463,72	\$2.850.129,15
77	04-14	\$1.341.046,79	\$31.187,13	0,23%	\$2.207,70	\$33.394,83	\$2.883.523,98
78	05-14	\$1.309.859,65	\$31.187,13	0,23%	\$2.157,52	\$33.344,66	\$2.916.868,63
79	06-14	\$1.278.672,52	\$31.187,13	0,23%	\$2.107,35	\$33.294,48	\$2.950.163,11
80	07-14	\$1.247.485,38	\$31.187,13	0,23%	\$2.057,28	\$33.244,41	\$2.983.407,53
81	08-14	\$1.216.298,25	\$31.187,13	0,23%	\$2.007,10	\$33.194,23	\$3.016.601,76
82	09-14	\$1.185.111,11	\$31.187,13	0,23%	\$1.956,92	\$33.144,06	\$3.049.745,82
83	10-14	\$1.153.923,98	\$31.187,13	0,23%	\$1.908,62	\$33.095,76	\$3.082.841,57
84	11-14	\$1.122.736,85	\$31.187,13	0,23%	\$1.858,39	\$33.045,53	\$3.115.887,10
85	12-14	\$1.091.549,71	\$31.187,13	0,23%	\$1.808,17	\$32.995,30	\$3.148.882,41
86	01-15	\$1.060.362,58	\$31.187,13	0,23%	\$1.757,94	\$32.945,08	\$3.181.827,48
87	02-15	\$1.029.175,44	\$31.187,13	0,23%	\$1.707,71	\$32.894,85	\$3.214.722,33
88	03-15	\$997.988,31	\$31.187,13	0,23%	\$1.657,49	\$32.844,62	\$3.247.566,95
89	04-15	\$966.801,17	\$31.187,13	0,27%	\$1.638,99	\$32.826,12	\$3.280.393,07
90	05-15	\$935.614,04	\$31.187,13	0,27%	\$1.587,77	\$32.774,90	\$3.313.167,98
91	06-15	\$904.426,90	\$31.187,13	0,27%	\$1.536,55	\$32.723,69	\$3.345.891,66
92	07-15	\$873.239,77	\$31.187,13	0,28%	\$1.495,02	\$32.682,15	\$3.378.573,82
93	08-15	\$842.052,63	\$31.187,13	0,28%	\$1.443,47	\$32.630,60	\$3.411.204,42
94	09-15	\$810.865,50	\$31.187,13	0,28%	\$1.391,91	\$32.579,05	\$3.443.783,46
95	10-15	\$779.678,37	\$31.187,13	0,29%	\$1.343,92	\$32.531,06	\$3.476.314,52
96	11-15	\$748.491,23	\$31.187,13	0,29%	\$1.292,23	\$32.479,37	\$3.508.793,89
97	12-15	\$717.304,10	\$31.187,13	0,29%	\$1.240,55	\$32.427,68	\$3.541.221,57
98	01-16	\$686.116,96	\$31.187,13	0,26%	\$1.173,10	\$32.360,23	\$3.573.581,80
99	02-16	\$654.929,83	\$31.187,13	0,26%	\$1.122,09	\$32.309,23	\$3.605.891,03
100	03-16	\$623.742,69	\$31.187,13	0,26%	\$1.071,09	\$32.258,22	\$3.638.149,25
101	04-16	\$592.555,56	\$31.187,13	0,29%	\$1.033,79	\$32.220,92	\$3.670.370,18
102	05-16	\$561.368,42	\$31.187,13	0,29%	\$982,10	\$32.169,23	\$3.702.539,41
103	06-16	\$530.181,29	\$31.187,13	0,29%	\$930,41	\$32.117,54	\$3.734.656,95
104	07-16	\$498.994,15	\$31.187,13	0,29%	\$878,72	\$32.065,85	\$3.766.722,81
105	08-16	\$467.807,02	\$31.187,13	0,29%	\$827,03	\$32.014,16	\$3.798.736,97
106	09-16	\$436.619,88	\$31.187,13	0,29%	\$775,34	\$31.962,48	\$3.830.699,45
107	10-16	\$405.432,75	\$31.187,13	0,29%	\$723,65	\$31.910,79	\$3.862.610,23
108	11-16	\$374.245,62	\$31.187,13	0,29%	\$671,96	\$31.859,10	\$3.894.469,33
109	12-16	\$343.058,48	\$31.187,13	0,29%	\$620,27	\$31.807,41	\$3.926.276,74
110	01-17	\$311.871,35	\$31.187,13	0,29%	\$568,58	\$31.755,72	\$3.958.032,46
111	02-17	\$280.684,21	\$31.187,13	0,29%	\$516,89	\$31.704,03	\$3.989.736,48
112	03-17	\$249.497,08	\$31.187,13	0,29%	\$465,20	\$31.652,34	\$4.021.388,82

113	04-17	\$218.309,94	\$31.187,13	0,29%	\$413,52	\$31.600,65	\$4.052.989,47
114	05-17	\$187.122,81	\$31.187,13	0,29%	\$361,83	\$31.548,96	\$4.084.538,43
115	06-17	\$155.935,67	\$31.187,13	0,29%	\$310,14	\$31.497,27	\$4.116.035,70

Mes	Mes y Año	Saldo Insoluto Capital	Amortización	Libor	Intereses	Cuota Arriendo	Valor Acumulado Pagado
116	07-17	\$124.748,54	\$31.187,13	0,29%	\$258,45	\$31.445,58	\$4.147.481,29
117	08-17	\$93.561,40	\$31.187,13	0,29%	\$206,76	\$31.393,89	\$4.178.875,18
118	09-17	\$62.374,27	\$31.187,13	0,29%	\$155,07	\$31.342,20	\$4.210.217,38
119	10-17	\$31.187,13	\$31.187,13	0,29%	\$103,38	\$31.290,51	\$4.241.507,89
120	11-17	\$0,00	\$31.187,13	0,29%	\$51,69	\$31.238,82	\$4.272.746,72

Fuente: Creación propia con base en software creado para calcular CPT

**ANEXO F: INGRESO DE CAMIONES EN PROYECCIÓN DE PROPUESTAS**

Ingreso Camiones			
Propuesta 1		Propuesta 2	
Camión	Fecha	Camión	Fecha
CA-104	ene-19	CA-104	sep-16
CA-105	ene-19	CA-105	oct-16
CA-106	ene-19	CA-106	oct-16
CA-107	jul-22	CA-107	nov-16
CA-108	ago-22	CA-108	nov-16
CA-109	ago-22	CA-109	dic-16
CA-110	sep-22	CA-110	feb-17
CA-111	nov-22	CA-111	feb-17
CA-112	dic-22	CA-112	mar-17
CA-113	dic-22	CA-113	mar-17
CA-114	dic-22	CA-114	abr-17
CA-115	ene-23	CA-115	abr-17
CA-116	ene-23	CA-116	may-17
CA-117	ene-23	CA-117	may-17
CA-118	ene-23	CA-118	may-17
CA-119	ene-23	CA-119	jun-17
CA-120	ene-23	CA-120	jul-17
CA-121	ene-23	CA-121	ago-17
CA-122	ene-23	CA-122	ago-17
CA-123	ene-23	CA-123	sep-17
CA-124	ene-23	CA-124	nov-17
CA-125	feb-23	CA-125	dic-17
CA-126	mar-23	CA-126	dic-17
CA-127	mar-23	CA-127	ene-18
CA-128	mar-23	CA-128	mar-18
CA-129	abr-23	CA-129	abr-18
CA-130	abr-23	CA-130	abr-18
CA-131	may-23	CA-131	jul-18
CA-132	jun-23	CA-132	oct-18
CA-133	jun-23	CA-133	ene-19
CA-134	oct-23	CA-134	ene-19
CA-135	nov-23	CA-135	ene-19
CA-136	nov-23	CA-136	feb-19
CA-137	dic-23	CA-137	feb-19
		CA-138	mar-19
		CA-139	jul-19
		CA-140	ago-19

Ingreso Camiones			
Propuesta 1		Propuesta 2	
Camión	Fecha	Camión	Fecha
		CA-141	may-20
		CA-142	ene-23
		CA-143	ene-23
		CA-144	ene-23
		CA-145	ene-23
		CA-146	ene-23
		CA-147	ene-23
		CA-148	ene-23
		CA-149	ene-23
		CA-150	ene-23
		CA-151	ene-23
		CA-152	jun-23
		CA-153	jul-23
		CA-154	jul-23
		CA-155	ago-23
		CA-156	ago-23

Fuente: Creación propia con base en software creado para calcular CPT

**ANEXO G: SALIDA ANTICIPADA DE CAMIONES EN PROYECCIÓN DE PROPUESTAS**

Salida Anticipada Camiones							
Propuesta 1				Propuesta 2			
Camión	Fecha	Precio Salida	Vida Camión	Camión	Fecha	Precio Salida	Vida Camión
CA-50	ene-20	US\$-	79606	CA-87	ene-20	US\$69.959	58077
CA-51	ene-20	US\$-	79887	CA-88	ene-20	US\$69.959	58757
CA-52	ene-20	US\$-	80354	CA-89	ene-21	US\$-	60167
CA-53	ene-21	US\$-	84573	CA-90	ene-21	US\$-	49754
CA-54	ene-21	US\$-	85401	CA-91	ene-21	US\$-	49754
CA-55	ene-21	US\$-	85183	CA-92	ene-21	US\$-	49265
CA-56	ene-21	US\$-	84051	CA-93	ene-21	US\$1.087.850	46105
CA-57	ene-21	US\$-	83995	CA-94	ene-21	US\$1.129.691	45704

Fuente: Creación propia con base en software creado para calcular CPT