

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**EVALUACIÓN ECONÓMICA - FINANCIERA PARA
REEMPLAZAR CAMIONES DE ACARREO DE MINERAL Y
DESMONTE EN LA UNIDAD CORIHUARMI - MINERA I.R.L.
YAUYOS – LIMA**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. RICHARD BELIZARIO AMANQUI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO – PERÚ

2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS
TESIS

EVALUACIÓN ECONÓMICA - FINANCIERA PARA REEMPLAZAR EQUIPOS DE ACARREO DE MINERAL Y DESMONTE EN LA UNIDAD CORIHUARMI - MINERA I.R.L. YAUYOS – LIMA

PRESENTADA POR:

Bach. RICHARD BELIZARIO AMANQUI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 06 de diciembre del 2017

APROBADA POR JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

- PRESIDENTE** : 
M. Sc. EUGENIO ARAUCANO DOMINGUEZ
- PRIMER MIEMBRO** : 
M. Sc. MARIO SERAFIN CUENTAS ALVARADO
- SEGUNDO MIEMBRO** : 
Ing. DAVID VELASQUEZ MEDINA
- DIRECTOR / ASESOR** : 
Dr. JORGE GABRIEL DURANT BRODEN

Área : Ingeniería de Minas
Tema : Formulación y Ejecución de Proyectos Mineros

DEDICATORIA

A mis padres, Felix Belizario e Isidora Amanqui quienes me brindaron amor incondicional y me dieron lo necesario en cada una de las etapas de mi vida y sobre todo en la etapa para lograr mis estudios universitarios.

A mis hermanos y hermanas, quienes con sus consejos y ejemplos me guiaron por el buen sendero de la vida y hacerle esquivo a todo mal de la sociedad.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, porque me brinda salud y muchas bendiciones para el logro de mis objetivos y que paso a paso los voy logrando. Agradezco a mis padres de todo corazón por el amor incondicional y que Dios me los cuide siempre.

Agradezco a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, de quienes aprendí los conocimientos y conceptos determinantes para hacerle frente a los problemas en mi vida profesional. Agradezco a los miembros del jurado: M. Sc. Eugenio Araucano Domínguez, M. Sc. Mario Serafín Cuentas Alvarado, Ing. David Velásquez Medina y Dr. Jorge Gabriel Durant Broden, siendo ellos los que dieron comentarios acertados para la ejecución del presente trabajo.

A los compañeros de estudios con quienes he formado una gran amistad, a ellos gracias por ser buenos amigos.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
RESUMEN	x

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	3
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	4
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	5

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.2.1. DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS	9
2.2.2. REEMPLAZO DE EQUIPOS.....	18
2.2.3. MOMENTO ÓPTIMO PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPOS.....	21
2.2.4. ELEMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS	22
2.2.5. INDICADORES PARA LA EVALUACIÓN DE REEMPLAZO DE EQUIPOS.....	27
2.2.6. CRITERIO DE EVALUACIÓN PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPO.....	30

2.3. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	31
2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	31
2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.....	32

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DISEÑO METODOLÓGICO.....	33
3.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	34
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
3.3.1. POBLACIÓN.....	34
3.3.2. MUESTRA.....	34
3.4. VARIABLES.....	34
3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE (VI).....	34
3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE (VD).....	35
3.5. RECOLECCIÓN DE DATOS E INSTRUMENTOS.....	35
3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	35
3.7. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULOS PARA LA EVALUACIÓN.....	35
3.8. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	39
3.8.1. UBICACIÓN.....	39
3.8.2. ACCESIBILIDAD.....	39
3.8.3. OPERACIONES MINA.....	39

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DE COSTO DE LOS EQUIPOS DE ACARREO DE MINERAL Y DESMONTE.....	42
4.2. PROYECCIÓN DE COSTOS Y FLUJO DE CAJA ECONÓMICA-FINANCIERO DE CAMIONES ACTUALES.....	45
4.2.1. HORAS REQUERIDAS POR AÑO CON EL CAMIÓN ACTUAL.....	46
4.2.2. PROYECCIÓN DE COSTO DE CAMIÓN ACTUAL.....	46

4.2.3. CALCULO DEL MOMENTO ÓPTIMO DE REEMPLAZO DEL CAMIÓN ACTUAL.....	53
4.2.4. CONSTRUCCIÓN DE FLUJO DE CAJA ECONÓMICA Y FINANCIERO DE LOS CAMIONES ACTUALES.....	55
4.2.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA-FINANCIERA DE LOS CAMIONES ACTUALES ...	58
4.3. PROYECCIÓN DE COSTOS Y FLUJO DE CAJA ECONÓMICA-FINANCIERA DE CAMIONES NUEVOS.....	58
4.3.1. PRODUCTIVIDAD DE CAMIÓN NUEVO	59
4.3.2. HORAS REQUERIDAS POR AÑO CON EL CAMIÓN NUEVO.....	65
4.3.3. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN.....	66
4.3.4. CONSTRUCCIÓN DE FLUJO DE CAJA ECONÓMICA Y FINANCIERA DE LOS CAMIONES NUEVOS.....	72
4.3.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA-FINANCIERA DE LOS CAMIONES NUEVOS.....	76
4.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL REEMPLAZO DE CAMIONES.....	78
4.5. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL REEMPLAZO DE CAMIONES.....	79
4.6. ANÁLISIS DE REEMPLAZO DE CAMIONES.....	80
4.7. PROYECCIÓN DE COSTOS Y FLUJO DE CAJA ECONÓMICA-FINANCIERA DE CAMIONES ACTUALES PARA 5 AÑOS	81
4.8. PROYECCIÓN DE COSTOS Y FLUJO DE CAJA ECONÓMICA-FINANCIERA DE CAMIONES NUEVOS PARA 5 AÑOS.....	82
4.9. ANÁLISIS DE REEMPLAZO DE CAMIONES A 5 AÑOS	84
CONCLUSIONES	86
RECOMENDACIONES.....	88
REFERENCIAS.....	89
ANEXOS	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Depreciación lineal.....	14
Figura 2: Curva de la vida económica	22
Figura 3: Panorama general para el análisis de reemplazo de equipos	31
Figura 4: Esquema del procedimiento de cálculos para la evaluación	38
Figura 5: Evolución producción y de mineral y desmonte	43
Figura 6: Evolución costo US\$/h equipos acarreo mineral y desmonte	43
Figura 7: Evolución costo US\$/h equipos por partida	44
Figura 8: Representación gráfica de DM % vs Costo horario de camiones	45
Figura 9: Disponibilidad mecánica vs rendimiento.	45
Figura 10: Sección de ruta de acarreo de mineral (Mina - PAD lixiviación)	60
Figura 11: Sección de ruta de acarreo de desmonte (mina-botadero)	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Flujo de efectivo de equipos de perforación.....	7
Tabla 2: Flujo de efectivo de la evaluación	8
Tabla 3: Forma básica del estado de pérdidas y ganancias	23
Tabla 4: Componentes básicos de flujo de caja	24
Tabla 5: Operacionalización de las variables	36
Tabla 6: Horas requeridas por año	46
Tabla 7: Valores para la regresión lineal del costo de repuestos	47
Tabla 8: Valores para la regresión lineal del costo de lubricantes – equipo actual	48
Tabla 9: Valores para la regresión lineal del costo de neumáticos	48
Tabla 10: Valores para la regresión lineal del costo de taller	49
Tabla 11: Valores para la regresión lineal del costo de materiales varios	50
Tabla 12: Valores para la regresión lineal del costo de combustible	51
Tabla 13: Valores para la regresión lineal del costo de mano de obra	52
Tabla 14: Resumen de regresión lineal del costo de los camiones actuales	52
Tabla 15: Resumen de proyección de costo horario del camión actual.....	53
Tabla 16: Resumen de proyección de costo del camión actual por año	53
Tabla 17: Momento óptimo de reemplazo de camión actual.....	54
Tabla 18: Estado de resultados de camiones actuales	56
Tabla 19: Flujo de caja económico de los camiones actuales	57
Tabla 20: Flujo de caja financiero de los camiones actuales	57
Tabla 21: Resumen de resistencia total de equipos nuevos - ida.....	60
Tabla 22: Velocidad de acarreo de mineral - ida.....	61
Tabla 23: Resumen de resistencia total de equipos nuevos - vuelta	61
Tabla 24: Velocidad de acarreo de mineral - ida.....	61
Tabla 25: Resumen de resistencia total de equipos nuevos - ida.....	63
Tabla 26: Velocidad de acarreo de desmonte – ida	63
Tabla 27: Resumen de resistencia total de equipos nuevos - vuelta	64
Tabla 28: Velocidad de acarreo de mineral - ida.....	64
Tabla 29: Horas requeridas por año de camiones nuevos.....	65
Tabla 30: Costo de combustible de camión nuevo	66
Tabla 31: Costo de lubricantes de camión nuevo	66
Tabla 32: Costo de neumáticos del camión nuevo	67

Tabla 33: Costo de mantenimiento y reparación de camión nuevo	68
Tabla 34: Costo de materiales varios – camión nuevo	69
Tabla 35: Costo de operador por día.....	70
Tabla 36: Costo de alimentación por día	70
Tabla 37: Costo de mano de obra del operador	71
Tabla 38: Costo de seguros del camión nuevo	72
Tabla 39: Costo total de camión nuevo	72
Tabla 40: Estado de resultado de camiones nuevos.....	74
Tabla 41: Flujo de caja económico de los camiones nuevos	74
Tabla 42: Pago anual de la deuda	75
Tabla 43: Flujo de financiamiento	76
Tabla 44: Flujo de caja financiero de los camiones nuevos	76
Tabla 45: Flujo de caja incremental económico	78
Tabla 46: Flujo de caja incremental financiero	80
Tabla 47: Estado de resultados para un horizonte de evaluación de 5 años	81
Tabla 48: Flujo de caja económico para 5 años.....	82
Tabla 49: Estado de resultados para 5 años camiones nuevos.....	83
Tabla 50: Flujo de caja económico para 5 años.....	83
Tabla 51: Flujo de caja financiero para 5 años.	84
Tabla 52: Flujo de caja incremental financiero	84

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

CAE	Costo anual equivalente
VA	Valor actual
VF	Valor futuro
VAN	Valor actual neto
TIR	Tasa interna de retorno
WACC	Ponderado del costo de capital
Ka	Costo de oportunidad
D	Deuda financiera contraída
Ia	Capital aportado por los accionistas
Kd	Costo de la deuda financiera
T	Tasa de impuestos.
Vs	Valor de salvamento
IMA	Inversión media anual
D	Depreciación
P	Valor de adquisición
S	Seguros
Ve	Vida útil económica
CMR	Costo de mantenimiento y reparación
CMO	Costo de mano de obra de mecánicos
CR	Costo de los repuestos
RT %	Pendiente efectiva o resistencia total
RD %	Resistencia a la rodadura
P %	Resistencia a la pendiente
DM	Disponibilidad mecánica

RESUMEN

El presente estudio busca aportar a la toma de decisiones de la unidad minera Corihuarmi y con ello generar mejores beneficios. El objetivo del trabajo es determinar el reemplazo o no de los camiones de acarreo para incrementar beneficios de la minera, para ello se tiene en cuenta el método del valor actual neto, método que consiste en estimar flujos de caja a futuro y traerlos al presente, para obtener los indicadores de evaluación es necesario elaborar el flujo de caja incremental (Un flujo de caja con proyecto menos flujo de caja sin proyecto). La actividad de acarreo de mineral y desmonte cuenta con camiones de 26 toneladas de capacidad, con 5 años en operación y cuyas depreciaciones ya culminaron; los indicadores que se reportan es como sigue: costo horario en ascenso y la disponibilidad mecánica y los rendimientos están en descenso y además la vida de la mina se proyecta a 3 años en adelante. La metodología de investigación aplicada al trabajo es descriptiva cuantitativa, con ello se llegó a los siguientes resultados: en cinco años de operación el costo horario se incrementó de 29.45 US\$/h a 36.53 US\$/h, el rendimiento bajó de 98.75 TM/h a 78.42 TM/h y la DM de 95.6 % a 86.2 %. El costo actual neto de operar los camiones actuales es US\$ -3, 869,285; y el costo actual neto de operar con camiones nuevos es US\$ -3, 615,818. La evaluación económica-financiera muestra lo siguiente: de la evaluación económica resulta VAN de US\$ 252,955 y TIR de 16.26 %, de la evaluación financiera resulta VAN US\$ 253,468 y TIR de 23.13 %. Concluyendo que es favorable reemplazar los camiones para generar mejores beneficios en los 3 años de operación que restan.

PALABRAS CLAVE: Evaluación económica-financiera, reemplazo de equipos, acarreo de mineral y desmonte, minera Corihuarmi.

ABSTRACT

The present study seeks to contribute to the decision making of the Corihuarmi mining unit and thereby generate better benefits. The objective of the work is to determine the replacement or not of the haulage trucks to increase the mining company's profits, for this the method of the net present value is taken into account, method that consists of estimating cash flows in the future and bring them to the present, to obtain the evaluation indicators is necessary to elaborate the incremental cash flow (A cash flow with project less cash flow without project). The activity of ore and waste transport has trucks of 26 tonnes capacity, with 5 years in operation and whose depreciations culminated; the indicators that are reported are as follows: the hourly cost is ascent and mechanical availability and yields are falling and the life of the mine is projected to 3 years and up. The research methodology applied to the work is quantitative descriptive, with this the following results were reached: in five years of operation the hourly cost increased from 29.45 US\$ / h to 36.53 US\$ / h, the performance low from 98.75 TM / h to 78.42 TM / h and DM from 95.6 % to 86.2 %. The current net cost of operating with current trucks is US\$ -3,869,285; and the net current cost of operating with new trucks is US\$ -3,615,818; the economic-financial evaluation shows the following: from economic evaluation results VAN of US\$ 252,955 and IRR of 16.26 %, of the financial evaluation results VAN US\$ 253,468 and TIR of 23.13 %. Concluding that it is favorable to replace the trucks to generate better benefits in the 3 years of operation that remain.

KEYWORDS: Economic-financial evaluation, equipment replacement, ore and waste hauling, mining Corihuarmi.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Las empresas mineras se valen de la venta de sus productos cuyos precios se determinan en mercados internacionales y para la generación de mayores beneficios y tener una diferenciación competitiva, la empresa minera se tiene que centrar en estudios de tipo técnico-económico, por ello se busca optimizar procesos o se busca alternativas económicas favorables que conlleven más beneficios.

Las operaciones mineras en la unidad Corihuarmi, reportan costos crecientes en los últimos períodos, aún más en la actividad de acarreo de mineral y desmonte que es una de las actividades con mayor incidencia en el costo, por otro lado el costo horario de los camiones de acarreo están incrementándose y, los rendimientos y la disponibilidad mecánica tienden a decrecer. Todo ello lleva a plantear evaluaciones de reemplazo de camiones en dos escenarios: continuar la operación con camiones actuales o con equipos nuevos.

Desde otra perspectiva está la necesidad de aportar a la mejora de beneficios por lo cual se plantea esta investigación, esto lleva a sintetizar, analizar y obtener conclusiones del proyecto planteado. En otras palabras la evaluación económica-financiera para el reemplazo de los camiones de acarreo de mineral y desmonte, es un punto medular para la toma de decisiones, y esas decisiones implican elementos como el flujo de dinero en efectivo, tasa de interés, costo de oportunidad, y un elemento fundamental para la investigación es el horizonte de evaluación, el mismo que está determinado por la vida útil de la mina, es en función a ello que se determinan los períodos y no en función a la vida económica de los equipos que normalmente es usado para este tipo de evaluaciones.

Para el análisis de reemplazo de camiones se aplica el método del valor actual neto, donde las alternativas tienen un horizonte de evaluación iguales, restringido por la vida útil de la mina, siendo entonces el objetivo general de “Determinar el reemplazo de los camiones actuales de la actividad de acarreo de mineral y desmonte para incrementar el flujo de caja de la unidad minera Corihuarmi–Minera I.R.L.”

Para obtener resultados es necesario contar con elementos que determinen las bases para la evaluación de las alternativas, que para nuestro caso se tiene como objetivos específicos:

- Analizar indicadores de mantenimiento que informen sobre los costos crecientes de la operación.
- Estimar los costos operativos con los camiones actuales para los años siguientes y hacer una evaluación económica-financiera.
- Estimar los costos operativos en un escenario de operación con camiones nuevos para los años siguientes y hacer una evaluación económica-financiera.
- Definir el reemplazo o no de los camiones de acarreo como alternativa para generar mayores beneficios.

El trabajo de investigación consta de cuatro capítulos. En el capítulo I, se desarrolla el planteamiento del problema y los objetivos. Capítulo II, está la revisión de la literatura como: los antecedentes de la investigación, el análisis del marco teórico, los elementos y criterios para la evaluación de reemplazo de equipos. Capítulo III, se precisa la metodología de investigación y la operacionalización de variables, y el ámbito en la cual se desarrolla el trabajo. Capítulo IV, en este capítulo se desarrolla la investigación, en la cual se aplica lo expuesto en el marco teórico para llegar a demostrar, que la alternativa que genera más beneficio es reemplazar los camiones. Posteriormente la investigación termina con las conclusiones, recomendaciones y las referencias.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La compañía minera IRL, empresa latinoamericana dedicada a la exploración, desarrollo y explotación de metales preciosos, principalmente oro; actualmente desarrolla actividad minera en la unidad Corihuarmi, ubicado entre las regiones Junín y Lima.

Dentro de las operaciones unitarias de mina, la operación de acarreo de mineral y desmonte, viene siendo ejecutado con el uso de volquetes Mercedes Benz con capacidad carga de 17 m³, estos equipos de acarreo tienen cumplida la vida útil estimada, que fue de 5 años. Los equipos, además de haber cumplido su vida útil estimada, tienen una baja disponibilidad mecánica y los costos unitarios de operación están en ascenso.

Actualmente la operación con los equipos de acarreo, el costo de la operación de acarreo representa el 26.53 % del costo total de operaciones mina, costo que se incrementó en 41.37 % con respecto al primer año de operaciones. Así mismo según reportes de costo del área de contabilidad, el costo horario se incrementó en 23.91 %, es decir de 29.72 US\$/h en el primer año de operación a 36.82 US\$/h en el último año de operación.

Por otro lado, se tiene énfasis en los rendimientos operativos de los equipos, es decir que los jefes del área de mina, tienen una preocupación que se concentra en tener mejores rendimientos; pero se tiene un desentendimiento de los factores económicos que involucran tener operativo los equipos de acarreo, aun teniendo reportes actualizados por parte del área de contabilidad.

Además, la continuidad de las operaciones mineras, se proyecta en un horizonte de vida de tres años más en adelante, esto está determinado por las reservas con las que se cuenta actualmente (reservas que se pueden incrementar, ya que se está realizando trabajos para confirmar más reservas); entonces la posibilidad de un análisis de costos y plantear una alternativa para generar mayores beneficios, está abierto, y con lo cual se puede lograr mejores rendimientos y menores costos operativos.

El incremento paulatino del costo horario de los camiones de acarreo, dan a entender que los años siguientes el costo continuará en aumento y aún más con camiones cuya vida económica proyectado se cumplió, esto es otra razón para analizar y plantear alternativas que generen mayores beneficios; por ello se plantea el presente trabajo de investigación que conlleva a realizar evaluación económico-financiera en dos escenarios: operación con equipos actuales y operación con la alternativa de adquirir equipos nuevos.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo se puede determinar el reemplazo de camiones de las operaciones de acarreo de mineral y desmonte en la unidad minera Corihuarmi, desde el punto de vista económico-financiero?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

a) ¿Cuáles son los indicadores de mantenimiento que informan sobre los costos crecientes de operación?

b) ¿Cómo estimar los costos operativos con los camiones actuales para los años siguientes y hacer una evaluación económica-financiera?

c) ¿Cómo estimar los costos operativos en un escenario de operación con camiones nuevos para los años siguientes y hacer una evaluación económica-financiera?

d) ¿Cómo resolver el reemplazo o no de los camiones de acarreo como alternativa para generar mayores beneficios?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el reemplazo de los camiones actuales de la actividad de acarreo de mineral y desmonte para incrementar el flujo de caja de la unidad minera Corihuarmi sustentado en una evaluación económica-financiera.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Analizar indicadores de mantenimiento que informen sobre los costos crecientes de la operación.

b) Estimar los costos operativos con los camiones actuales para los años siguientes y hacer una evaluación económica-financiera.

c) Estimar los costos operativos en un escenario de operación con camiones nuevos para los años siguientes y hacer una evaluación económica-financiera.

d) Definir el reemplazo o no de los camiones de acarreo como alternativa para generar mayores beneficios.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En el actual escenario, las operaciones mineras de la unidad Corihuarmi, reportan costos de la actividad acarreo de mineral y desmonte de 26.53 % del costo total, costo que se ha incrementado con respecto al período anterior (año 2015) en 6.66 %, generando esto por la baja disponibilidad mecánica (disponibilidad mecánica de equipos de acarreo 86.20 % en promedio), lo cual indica que los equipos tienen una permanencia mayor en taller y los rendimientos bajos. La minera, de continuar las operaciones con los equipos actuales, a futuro verá disminuido sus beneficios.

Los camiones actuales tienen cumplida su vida útil estimada, tienen mayor tiempo en talleres y los rendimientos están en descenso, esto indica que continuar las operaciones con los camiones actuales implica que a futuro los costos se incrementarán, y los beneficios netos de la minera se verán mermados, por tanto son causas para hacer un estudio de reemplazo de camiones. Pensar en el reemplazo de camiones es hacer estudios es dos escenarios: la primera considerando la continuidad de las operaciones con los equipos actuales y la segunda considerando continuar las operaciones con equipos nuevos, comparando estas dos evaluaciones, la alternativa que genere menores costos ayudará a la toma de decisiones y cumplirá el objeto de una empresa que es generar mayores beneficios.

Según Lira, (2013). Cuando se presentan estudios de reemplazo de equipos es necesario identificar los aspectos que generan costos en los dos escenarios y cuantificar los ingresos y costos que se generan por los equipos en evaluación. La comparación de los resultados que generan, dan información para poder decidir la alternativa que sea favorable para la generación de beneficios.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Para la ejecución de la investigación, es necesario preparar información de los años precedentes, y generar una estructura para la fácil interpretación de la información de tal forma que sea conveniente para realizar la investigación; entonces es de suma importancia tener conocimientos informáticos (*softwares*).

Otro factor determinante en la investigación es la colaboración de las áreas de: planeamiento y mantenimiento de equipos. Ya que son las áreas que tienen la información necesaria para esta investigación.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Para la ejecución de la investigación, es de vital importancia contar con la información necesaria, y toda la información tiene que ser manipula, procesada y poder analizarla, para ello el autor, cuenta con la experiencia y conocimiento suficiente en este tipo de evaluaciones económicas-financieras. Entonces es factible la ejecución de esta investigación.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Barrientos (2015). Artículo titulado, *Reemplazo de flotas de camiones mineros, en la minera Cerro Negro, Chile*. Trabajo presentado en el 9° Encuentro Internacional de Mantenedores de Plantas Mineras, MANTEMIN 2014, y se tiene lo siguiente. “Estudio realizado para determinar el momento óptimo de reemplazo de dos flotas (A y B) de camiones mineros con ocho años en operación, el resultado de la evaluación del momento óptimo del reemplazo, se determinó bajo la metodología de Costo Anual Equivalente (CAE), donde se concluye, que lo más conveniente desde el punto de vista económico, es reemplazar los equipos inmediatamente, ya que los costos de operación y mantenimiento y los costos de ineficiencia en el octavo año se incrementaron, el primero 2.6 y el segundo 1.7 veces el costo de su primer año de operación. El valor de venta del activo y rango óptimo de reemplazo resultan entre el sexto y séptimo año de operación. Y la disponibilidad mecánica en el octavo año disminuye en 5 % y 6.5 %, respecto al año 1 de operación de la flotas A y B respectivamente. En el estudio se confirmaron dos temas importantes en la vida de los equipos mineros, el primero es que se ha confirmado que la disponibilidad mecánica en el primer año es claramente superior a los años siguientes, el segundo es que los costos de mantenimiento y operación son crecientes con los años”.

Estrada (2004). Tesis de maestría titulada, *Evaluación económica del proyecto sustitución de equipos de perforación en la cuenca de Burgos*, para obtener el grado de maestro en ciencias de la administración con especialidad en finanzas, presentado en la Universidad Autónoma de Nuevo León, en la cual se menciona lo siguiente. “El objetivo de este estudio tiene como fin conocer los métodos de evaluación de proyectos más comunes y las técnicas de análisis en los estudios de sustitución de equipos y que sirvan como herramientas, para llevar a cabo los estudios de evaluación de proyectos de inversión en la sustitución y/o renta de equipos de perforación. La metodología de sustitución de equipos se basa en: Análisis de costo de mantenimiento y operación, determinación de vida económica de equipos, análisis de compra y venta de equipos de perforación.

Donde los resultados son: Valor presente neto (VAN) es de 1 369 M US\$ y una tasa interna de retorno (TIR) de 12.6 %.

Tabla 1: Flujo de efectivo de equipos de perforación

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Flujo de efectivo (US\$)	-5 141	1 207	1 026	900	900	900	900	900	1 044

Fuente: Estrada (2004).

En sus conclusiones menciona que el costo anual equivalente (CAE) precisa que es recomendable para hacer análisis de reemplazo de equipos con distintas horizontes de vida y de la calidad de información dependerá la confiabilidad para el análisis de reemplazo de equipos. Por otro lado concluye sustituir equipos convencionales por equipos compactos, ya que se obtiene ahorros de 50 % en el costo de transporte y 25 % en mantenimiento.

Mendoza (2013). En su tesis titulada, *Selección y reemplazo de equipos de transporte en la minera Anabi S.A.C.*, para optar título de Ingeniero de Minas, presentado en la Universidad Nacional del Altiplano. “cuyo objetivo es evaluar la selección y reemplazo de los equipos de transporte para el mejoramiento de la productividad en la minera ANABI SAC. En la tesis para cumplir con el objetivo de selección y reemplazo de equipos empleó el método de costo horario, este método tiene por objetivo anualizar dos términos de comportamiento antagónico: por un lado, los costos totales de la operación que crecen a medida que transcurre el tiempo; y por otro, los costos de propiedad del equipo, que tienden a disminuir al considerar más años en su anualización, ello ocurre suponiendo una depreciación lineal para los equipos. Así, al conjugar ambos términos se encuentra un punto en que el costo anualizado es mínimo, lo que indica que es el momento oportuno de realizar el reemplazo.

Los resultados concluyen que al seleccionar como equipo de transporte a los camiones CAT 777F se mejora la productividad del transporte, en mineral 313 % y desmonte 278 %; Además al reemplazar los camiones Volvo FM 440 por los camiones CAT 777F, se obtiene una reducción de costo 9 % (de 0.635 US\$/TM a 0.578 US\$/TM) y en desmonte en 1 % (de 0.456 US\$/TM a 0.454 US\$/TM), así mismo disminuye la cantidad de camiones de 23 camiones Volvo FM 440 a 8 camiones CAT 777F.

Preciado (2001). Tesis de maestría titulada, *Diseño y aplicación de un modelo económico para la toma de decisiones en reemplazo de equipo de acarreo en una mina a*

cielo abierto, para obtener el grado de maestro en el área de administración, presentado en la Universidad de Colima - México, Facultad de Contabilidad y Administración de Manzanillo. Con su trabajo de investigación propone un modelo económico para la toma de decisiones en reemplazo de equipo en una mina a cielo abierto, para que las decisiones de los directivos y accionistas sea la decisión más viable. La metodología planteada es la de equipo defensor y equipo retador. Para presentar su modelo adapta herramientas de ingeniería económica y plantea una metodología considerando criterios establecidos por la administración. Donde define las bases de comparación para evaluar proyectos de reemplazo de equipos que son:

- Valor presente neto - VAN
- Tasa interna de retorno - TIR
- Período de recuperación de la inversión – PR

La aplicación del modelo analizó los equipos actuales: (5) R-170, (1) R-130 y (11) R-120, para confrontar como única alternativa se considera equipos R-120. Para la evaluación cuenta con inversión de 690 000 a 15 % de interés, el período de evaluación 10 años, con lo cual presenta el flujo de efectivo tabla 2.

Tabla 2: Flujo de efectivo de la evaluación

Año	Flujo de efectivo US\$
0	-690 000
1	182 976
2	1 212 105
3	594 378
4	-281 477
5	152 541
6	825 540
7	2 129 659
8	802 033
9	374 086
10	2 925 968

Fuente: Preciado (2001).

Concluye reemplazar los 11 camiones R-130 por 9 Camiones R-120, el VAN informa que el accionista tendrá una ganancia neta de US\$ 2 940 652, tasa interna de retorno de 74,43 %, con un período de recuperación de 1 año y 7 meses.

Rosas (2011). En su tesis titulada, *Aplicación de un modelo económico para la toma de decisiones en reemplazar el equipo de carguío en la mina Tukari*, Para optar el título de Ingeniero de Minas. Donde “El objetivo es determinar la vida económica del equipo de carguío para tomar la decisión de reemplazar, empleando modelos económicos. Mediante los índices de rentabilidad económica se hace la determinación de reemplazar o no equipos de carguío en la mina Tukari. De esto se concluye, que a medida que transcurre el tiempo, el equipo disminuye su eficiencia en operación, este descenso lleva consigo el descenso económico para la empresa; que a posterior obliga ejecutar intensos programas de mantenimiento y reparación. Por lo cual surge la necesidad de reemplazar el equipo en un determinado tiempo de servicio para que el costo de operación sea aceptable.

De los resultados de la investigación se concluye que el equipo analizado excavadora CAT 345BL opera con costo mínimo de 69,62 US\$/h en el año 5 con 22,954 h de operación, el índice de rentabilidad económica es de 62.54 US\$/h entre el cuarto y quinto 22 000 h trabajadas. Por lo tanto se sugiere reemplazar la excavadora entre 20 000 h a 22 000 h de trabajo.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS

2.2.1.1. Selección de equipo de transporte

Para la selección de los equipos de transporte en minería, se debe tener en consideración el tipo de equipo de carguío, el tipo de material volado, las vías de transporte, condiciones de los puntos de carga y descarga, la altitud, potencia del motor.

Según el manual de Caterpillar, para optimizar la producción se requiere contar con una adecuada excavadora de tal manera que no ocasione demoras en los camiones de transporte. Por regla general de Caterpillar, para seleccionar los camiones se basa en el número de ciclos para llenar el camión, es decir que un equipo de carguío debe llenar al camión en 4 a 6 pasadas. Para una adecuada selección de equipo según el manual de

Caterpillar se puede conseguir en 6 pasos, estos ayudaran a tener en cuenta los factores clave que impactan la selección de la máquina (Caterpillar, 2009).

Paso 01. Determinar el tipo de material y el factor de llenado del cucharón, en roca dinamitada el factor de llenado en promedio es 75 % a 90 %.

Paso 02. Calcular el tiempo de ciclo, considerado en 0.43 min a 0.52 min.

Paso 03. Calcular el ciclo efectivo por hora.

Ciclo efectivo por hora = ((60 min/h)/tiempo de ciclo) x Eficiencia del operador x Disponibilidad mecánica x Eficiencia general de operación.

Paso 4. Calcular la capacidad de cucharón que se necesita

$$\text{Capacidad necesaria del cucharon} = \frac{\left(\frac{\text{Carga util necesaria}}{\text{Densidad del material}} \right)}{\text{Factor de llenado}}$$

Donde.

$$\text{Carga útil necesaria} = \frac{\text{Producción horaria necesaria}}{\text{Ciclo efectivo por hora}}$$

Paso 5. Seleccione la excavadora para el tamaño necesario de cucharón

Consulte el manual de rendimiento para comparar distintos modelos de máquina y gamas de cucharones. Confirme el tipo de cucharón, su tamaño y la densidad máxima de material en el catálogo de especificaciones del modelo deseado.

Paso 6. Selección de camiones

La regla general para seleccionar los camiones se basa en el número de ciclos para llenar el camión, el equipo de carguío debe de llenar entre 4 a 6 pasadas el camión

$$\text{Cap. de Camión} = N^{\circ} \text{ de pasadas} * \text{Cap. Nominal de cucharon} * \text{Factor de llenado}$$

2.2.1.2. Activo fijo

En general, por activo fijo se entiende a todo bien o derecho de una entidad disponible para ser utilizado netamente en la explotación más no con el propósito de vender y cuya

duración trasciende un ejercicio contable. Lo activos fijos pueden ser: tangibles o físicos e intangibles.

Los activos físicos se consideran como sigue:

- **Terrenos:** activos físicos de carácter inmobiliario no depreciables y activos no reproducibles, como yacimientos, bosques naturales, etc.
- **Construcción y obras de infraestructura.**
- **Maquinarias y equipos:** constituidos por el equipamiento básico para la producción y el transporte, como: equipos de planta y de explotación extractiva.

Se considera activo intangible a todo derecho o beneficio económico, a favor de la entidad que le signifique potenciar el servicio, utilizado en la explotación durante el período de varios ejercicios, estos activos pueden denominarse:

- **Patentes.** Concesiones hechas para el uso y explotación de un invento.
- **Marcas comerciales:** identificaciones distintas de un producto o servicio.
- **Derecho de llave:** exceso en el costo de adquisición o en el gasto por el uso de un activo por encima de su valor contable o intrínseco.
- **Licencias y franquicias:** privilegio concedido para la venta de un producto o servicio de acuerdo a ciertas condiciones específicas.

2.2.1.3. Valor de adquisición

El valor de adquisición de un activo está conformado por su precio de compra, además de ello contempla costos de comisiones si la hubiese, transporte, los costos de instalación, costos de montaje y costos necesarios para la puesta en marcha del activo.

El costo de la adquisición de un equipo dependerá si la adquisición es extranjera o en el mercado nacional. Si la maquinaria es de fabricación extranjera, en la cotización deberá incluirse el precio de la unidad puesta en el puerto de embarque (FOB), los gastos de embarque, fletes y desembarque en el Puerto del Callao (CIF-Callao). Las medidas arancelarias para ingresar equipos al Perú son:

- Ad/ valoren 0 %

- Impuesto selectivo al consumo 0 %
- Impuesto general a las ventas 16 %
- Impuesto de promoción municipal 2 %
- Seguro 1 %
- Sobretasa 0 %

2.2.1.4. Vida útil

Es el tiempo de duración de un bien, en dicho tiempo el bien cumple correctamente la función para el cual ha sido creado, normalmente para equipos se calcula en años, esto con el propósito de depreciación e impuestos (Blank y Tarquin, 2006).

2.2.1.5. Vida económica

La vida económica de un equipo se refiere a la duración en el tiempo en la que el equipo vista desde el punto económico sea más rentable para la empresa (CossBu, 1995), es decir la maquina trabaja con un rendimiento económicamente justificable y donde mantenerlo en servicio es la alternativa más rentable para la empresa.

2.2.1.6. Valor de salvamento

Es el valor de intercambio o de venta del activo al final de la vida económica. El valor de salvamento se expresa como una cantidad estimada (términos monetarios) o como un porcentaje del valor inicial, y puede ser positivo, cero o negativo (debido a los costos de desmantelamiento y otros) (Blank y Tarquin, 2006).

El Valor salvamento o valor de Rescate para maquinarias pesadas (cargadores, moto traíllas, tractores, etc.) fluctúa generalmente entre el 20 % y 25 % del Valor de Adquisición.

Valor de salvamento en libros para el año x , si se tiene una depreciación lineal

$$V_{sx} = P - x\left(\frac{P - V_s}{n}\right)$$

V_{sx} = Valor de salvamento en el año x

2.2.1.7. Valor en libros

Representa la inversión restante y no depreciada en libros, después de que el monto total de los cargos de depreciación se restó de la base. En general el valor en libros, se determina al final de cada año (Blank y Tarquin, 2006).

2.2.1.8. Valor comercial

Término utilizado para el análisis de reemplazo de equipos, el mismo que se define como el valor estimado que ingresaría a la empresa si se vende el equipo en el mercado abierto.(Blank & Tarquin, 2006).

2.2.1.9. Inversión media anual (IMA)

Es el valor promedio o como su nombre lo indica media anual del costo que tiene la maquinaria al final de cada año y durante su período estimado de vida útil, posteriormente se haya deducido su porcentaje de depreciación proporcionado para cada año.

Sobre la inversión media anual se acostumbra calcular los intereses, seguros, impuestos y costo de almacenamiento (Ministerio de Vivienda, 2010).

$$IMA = \frac{Va (Ve + 1) + Vs(Ve - 1)}{2 Ve}$$

IMA = Inversión media anual

Va = Valor de adquisición

Ve = Vida útil económica

Vs = Valor de salvamento

2.2.1.10. Costo de posesión

Los costos de posesión son costos fijos (monto que la empresa debe desembolsar independientemente de que se use o no el equipo) durante la vida útil del equipo, estos costos en su totalidad son de carácter anual, e incluyen el costo de capital inicial (costo que son incurridos en la compras hasta el normal funcionamiento del equipo).

Lo costos fijos se mantienen estables en su totalidad durante cierto período de tiempo, a pesar de los cambios que puedan ver en el nivel de producción y en su totalidad que a

veces se denominan costos de propiedad o costos generales, que para un equipo, es considerado lo siguientes:

2.2.1.10.1. Depreciación de activos

El activo con el uso y el pasar de los años pierde valor, por lo tanto la depreciación se refiere a la disminución de valor original del activo como consecuencia del uso en el tiempo de la vida económica del activo. En general la depreciación es un costo en libros que recupera la inversión en activos tangibles, aunque la depreciación no es monto de desembolso efectivo real, el proceso de depreciar explica la pérdida de valor del activo debido al uso, antigüedad u obsolescencia (Blank y Tarquin, 2006).

La depreciación, por lo tanto, no constituye un egreso de caja (el egreso efectivo se produjo cuando se compró el activo), pero es posible restar de los ingresos para reducir la utilidad y con ello los impuestos (Sapag, 2004).

La depreciación se suele efectuar utilizando el método de línea recta, con el fin de estimar los costos presupuestarios. Para utilizar este método, simplemente es restar el valor de recompra o salvamento de la máquina al precio de compra y dividir por el número de años de vida útil. El número de años de vida útil dependerá de la velocidad de uso de la máquina. El tiempo transcurrido desde la compra hasta que la máquina esté desgastada o técnicamente obsoleta, varía de un tipo de máquina a otro. Una regla general aceptable es de 5 a 8 años (Ramírez, 2007).

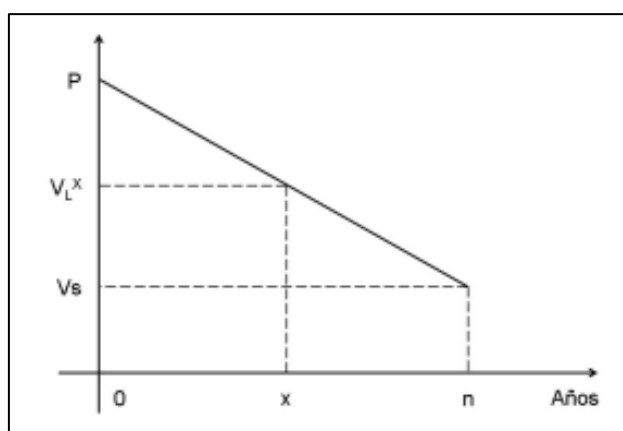


Figura 1: Depreciación lineal

Fuente: Ramírez (2007)

$$D = \frac{(P - Vs)}{n}$$

Donde:

D = Depreciación

P = Valor Inicial o valor de adquisición

Vs = Valor de salvamento

n = Vida en años

2.2.1.10.2. Intereses y amortizaciones

El interés, es la manifestación del valor del dinero en el tiempo, desde un punto de vista de cálculo, el interés es la cantidad de dinero al final de un período con respecto al dinero original (Blank y Tarquin, 2006). Entonces el interés es un porcentaje adicional por el dinero prestado al final de determinado período.

Por otro lado la amortización viene a ser la devolución de dinero prestado, es decir al amortizar se está cancelando la deuda adquirida (Chu, 2013).

La devolución del dinero prestado en determinado período, es la suma de los intereses más amortización, monto que se debe pagar por dicho período (pagos anualizado constantes), el pago anual se estima con la formula siguiente.

$$A = P \left(\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right)$$

A = Valor anual equivalente

P = Valor presente del dinero

n = Número de períodos

i = Tasa de interés o tasa de retorno

2.2.1.10.3. Seguros

Las primas de seguro varían de acuerdo al tipo de maquinaria y a los riesgos que debe cubrir durante su vida económica. Este cargo existe tanto en el caso de que la maquinaria se asegure con una compañía de seguros, en el caso de que la empresa constructora decida hacer frente, con sus propios recursos, a los posibles riesgos de la maquinaria (auto aseguramiento). El tipo de seguros a considerar es el TREC (Todo Riesgo Equipo

Contratista) que como promedio se puede asumir en 3 a 5,5% (Ministerio de vivienda y construcción, 2010).

$$S = IMA \left(\frac{\%S}{Ve} \right)$$

S = Seguro

IMA = Inversión media anual

$$IMA = \frac{P(n + 1) + Vs(n - 1)}{2n}$$

Ve = Vida útil económica

$\%Si$ = Tasa de seguro

2.2.1.11. Costo de operación

Los costos de operación, son los costos que demanda el equipo por la operación y mantenimiento del mismo, Estos costos se denominan costos “variables” porque dependen de varios factores tales como el número de horas de operación, los tipos de equipo utilizados y la ubicación y condiciones de operación.

Para la determinación de los costos de operación se deberá tomar los siguientes factores.

2.2.1.11.1. Mantenimiento y reparación

El costo de mantenimiento y reparaciones generalmente constituye la mayor cantidad de gastos de operación para el equipo. Las operaciones mineras pueden someter el equipo a un desgaste considerable, pero la cantidad de desgaste varía enormemente entre los diferentes equipos utilizados y entre diferentes condiciones de trabajo. Generalmente, el costo de mantenimiento y reparación aumenta a medida que el equipo crece (mayores años). Los propietarios del equipo estarán de acuerdo en que un buen mantenimiento, incluyendo la medición periódica del desgaste, la atención oportuna al servicio recomendado y la limpieza diaria cuando las condiciones lo justifiquen, pueden prolongar la vida del equipo y reducir los costos de operación minimizando los efectos de condiciones adversas (Gransberg y O'Connor, 2015).

El costo de mantenimiento y reparación resultan de la sumatoria de la mano de obra (mecánicos) y la suma de costo de los repuestos (Ministerio de Vivienda y Construcción, 2010).

$$CMR = CMO + R$$

CMR = Costo de mantenimiento y reparación

CMO = Costo de mano de obra de mecánicos

CR = Costo de los repuestos

- El costo de mantenimiento y reparación corresponde a 70 % del valor de adquisición. De los cuales se desgrega en:

$$\text{Mano de obra taller } CMO = \frac{25 \% \times C.M.}{VEU}$$

$$\text{Costo de repuestos } CR = \frac{75 \% \times C.M.}{VEU}$$

2.2.1.11.2. Combustibles

El consumo de combustible varía en función a la potencia, y las condiciones de trabajo. La forma más exacta de conocer la cantidad de consumo combustible es tomando datos directamente de la obra, para las estimaciones iniciales de consumo de combustibles es recomendable recurrir a los manuales técnicos del equipo (Gransberg y O'Connor, 2015).

2.2.1.11.3. Lubricantes, grasas y filtros

Para la evaluación del consumo de lubricantes, la mejor fuente son los registros de los cambios que lleva el propietario o administrador de la máquina. De no disponerse de esta información pueden usarse datos suministrados por el fabricante, o tablas genéricas que correlacionan los consumos con la potencia del motor (Maza, 1999). Generalmente el costo de lubricante, grasas y filtros es de 13 % a 15 % del costo de combustible.

2.2.1.11.4. Llantas o neumáticos

El costo del neumático representa el costo de reparación y reemplazo de neumáticos; los factores que determinan la vida útil del neumático depende de muchas variables tales

como el mantenimiento, presiones de inflado, estado de la vía, velocidad de desplazamiento, curvas y pendientes de la vía, posición de la llanta en la máquina (delantera, trasera, dirección o de tracción), carga, etc.

Debido a que la esperanza de vida de los neumáticos, es generalmente mucho menos que la vida del equipo. La mejor fuente de información para estimar la vida útil del neumático es la información histórica obtenida bajo condiciones de operación similares o de operaciones pasadas en condiciones similares (Gransberg & O'Connor, 2015).

Para estimar el costo hora de los neumáticos se determina con la siguiente formula:

$$\text{Costo hora Neumático} = \frac{\text{Costo del neumático (US\$)}}{\text{Vida útil del neumático (h)}}$$

2.2.1.11.5. Operador de equipo.

El costo del operador es independiente de la cantidad de horas de trabajo o rendimiento del equipo, para la estimación del costo del operador del equipo, se considera el sueldo bruto más las obligaciones sociales los mismos que dependen de las regulaciones laborales vigentes. Deben además tenerse en cuenta otros costos, como los recargos por horas extras, trabajo nocturno, trabajos en domingos y feriados y otras bonificaciones. En síntesis, para calcular el costo de la mano de obra del operador de equipo, al jornal estipulado en el contrato se le incrementan las prestaciones sociales y otros recargos como las obligaciones de parte del empleador como: seguros de vida y contra todo riesgo, que son los costos más relevantes.

2.2.1.11.6. Gastos varios.

Los gastos varios para la reparación de los equipos son considerados como el 10 % del gasto de repuesto.

2.2.2. REEMPLAZO DE EQUIPOS

En la formulación de un plan de reemplazo, es importante fijar el progreso económico de una empresa, un reemplazo anticipado o indebido ocasiona a la empresa una disminución de capital, por tanto, imposibilita direccionar capital a otros proyectos rentables. Por otra parte, un reemplazo tardío genera excesivos costos en la operación

siendo las causales por rendimientos decrecientes y por mantenimientos continuos, por ello la empresa debe establecer políticas para el reemplazo de equipos, de no hacerlo estarían en desventaja frente a otras empresas de mismo rubro. Para facilitar el análisis de reemplazo de equipos se introduce dos términos básicos:

- Defensor. Activo viejo existente y que se está analizando para ser reemplazado.
- Retador o desafiante. Activo propuesto para el reemplazo del defensor.

Para determinar la mejor decisión entre hacer uso de equipos nuevos (retador) o equipos actuales (defensor), se hace un análisis de costo beneficio la cual básicamente está sustentada en términos económicos.

2.2.2.1. Causas para el reemplazo de equipos

Las distintas características de los activos defensor y retador son comparados y las causas principales que llevan al reemplazo de un activo se pueden clasificar como: insuficiencia e ineptitud, mantenimiento excesivo, eficiencia decreciente y antigüedad. Cualquiera de las causas anteriores puede indicar la necesidad de un estudio de reemplazo, sin embargo, por lo general son dos o más causas las que indican la urgencia de tal estudio (CossBu, 1995).

- **Reemplazo por insuficiencia.** Los activos con deficiencias para el cumplimiento de sus metas, es un candidato lógico para el análisis de reemplazo de equipo. Una de las evidencias es el deterioro físico esto haciendo efecto en la productividad la cual se ve disminuido, que finalmente se traduce en menor producción, incremento de costos operativos y se merma los ingresos brutos de la empresa.
- **Reemplazo por mantenimiento excesivo.** El tiempo de desgaste de los componentes de un equipo o activo varían según el tipo de componente, en ocasiones el tiempo de desgaste se ven acelerados por algún manejo inadecuado. El correcto mantenimiento preventivo puede extender la vida útil de los componentes, sin embargo, llega un momento en que los costos de mantención o reparación del equipo se hacen excesivos, dando así a un escenario para el análisis y buscar alternativas de solución para el componente o evaluar un reemplazo total de equipo.

- **Reemplazo por eficiencia decreciente.** Por historial de trabajo, los primeros años el equipo trabaja con rendimiento altos, y este rendimiento va disminuyendo con el tiempo. Cuando los costos que origina la ineficiencia de operación de un equipo son excesivos, conviene investigar si existe la posibilidad de reemplazarlo por un equipo cuya producción sea a menor costo y mayor rendimiento haciendo el mismo trabajo del equipo inicial.

La causa más relevante que lleva a pensar en un reemplazo de equipos es básicamente el mantenimiento excesivo, causa que imposibilita el uso del equipo, además trae consecuencias como: disminución de la producción, costos fijos que se deben de pagar entre otras cosas que merma los beneficios de la empresa.

2.2.2.2. Factores a considerar para el reemplazo de equipos

Para un análisis de reemplazo es justificable considerar factores a estudiar que justifiquen los resultados esperados o satisfactorios que nos lleven a determinar a elegir la mejor opción, dentro de ello se considera: Horizonte de planeación, la tecnología, comportamiento de los ingresos y gastos, disponibilidad de capital e inflación (CossBu, 1995).

- **Horizonte de planeación.** El horizonte de planeación en un estudio de reemplazo, es el lapso de tiempo futuro que se considera en el análisis. Los flujos de efectivo en un futuro muy distante es muy probable que se comporten de manera muy diferente a los actuales. Por otra parte, sobre todo cuando la duración del proyecto es predecible, es más realista y se recomienda basar el estudio en un horizonte de planeación finito.
- **Comportamiento de los ingresos y los gastos.** Es común asumir un comportamiento de los ingresos y los gastos a lo largo del horizonte de planeación como constante, en algunas ocasiones se estima que tienen un comportamiento lineal ascendente o descendente. Sin embargo, es muy importante señalar que cuando se ha detectado un cierto patrón de comportamiento en los gastos o se vislumbra cómo la inflación va afectar a los ingresos y los gastos, tales consideraciones deben ser incluidas en el estudio de reemplazo.

2.2.3. MOMENTO ÓPTIMO PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPOS

La vida útil económica de los equipos siempre es menor que su vida útil mecánica. En términos generales, la vida útil económica de un equipo finaliza cuando los beneficios que proporciona al operar un período adicional son menores que los costos que involucra mantenerlo operando un período más. Ese momento representa el momento óptimo de reemplazo del equipo, es decir, el momento en que culmina la vida útil económica determina el momento óptimo de reemplazo.

Para conocer la vida útil económica del equipo se realiza un cálculo iterativo: en la fórmula del costo anual equivalente (CAE), se deja como variable a determinar período óptimo de reemplazo "n". Se deberá calcular el CAE para $n = 1, 2, 3, \dots$ etc. En general, se obtienen valores cada vez menores para el CAE cuando aumenta "n", hasta que llegado un punto el CAE comenzará a aumentar. Aquel período para el cual el CAE es mínimo corresponderá al que fija la vida útil económica del equipo y también el momento óptimo de reemplazo. Este comportamiento del CAE, decreciente y luego creciente en función del horizonte de evaluación "n", obedece a que por un lado se tienen los costos totales de operación (la sumatoria de los C_j) que crecen a medida que transcurre el tiempo, y por otro lado está la inversión anualizada, que tiende a disminuir ya que es el producto del valor de adquisición en el año cero (I_0) por el factor de recuperación del capital, el cual es decreciente con el tiempo (Ministerio de planificación, 2005).

$$CAE = \left(I_0 - \frac{VR}{(1+r)^n} + \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i} \right) * \left(\frac{(1+r)^n * r}{(1+r)^n - 1} \right)$$

Donde.

I_0 = Inversión inicial

VR = Valor residual

r = Tasa de descuento

n = Número de años en evaluación

i = Período a año evaluado

Al conjugar ambos términos se obtiene la curva de CAE decreciente y luego creciente tal como se presenta en la siguiente figura 2.

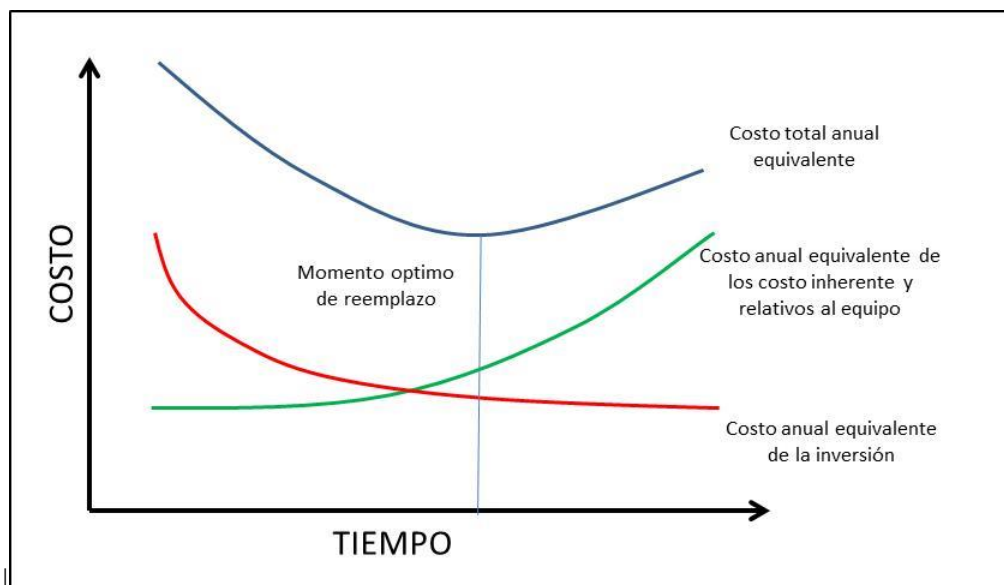


Figura 2: Curva de la vida económica

Fuente: J. Duran (2011)

2.2.4. ELEMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS

2.2.4.1. Horizonte de evaluación

El horizonte de evaluación, se refiere a la cantidad de períodos que el proyecto estará en operación más el tiempo que se requiera para su cierre final. Un aspecto a considerar para el cálculo del valor actual neto (VAN), entre mayor sea el horizonte de evaluación menor será el valor presente de los flujos de fondo finales, esto porque el factor de descuento de los flujos de fondos se hace cada vez mayor (Sapag, Sapag, & Sapag, 2014).

2.2.4.2. Estado de pérdidas y ganancias

El estado de ganancias y pérdidas, es el estado financiero que refleja de manera sistemática y estructurada los resultados de gestión de una entidad en un período determinado (apuntes Gerens, 2012).

Para la elaboración del estado de pérdidas y ganancias se deben tener en cuenta lo siguiente:

- Especificar el tiempo en la cual se registran los ingresos y egresos de la compañía.
- Los ingresos deben ser considerados cuando los productos son despachados o los servicios son prestados, que no es necesariamente cuando se recibe el pago.

- El costo es igual a los recursos empleados para un fin cualquiera. Sin embargo, el gasto es aquella parte del costo que se le resta a los ingresos en un período contable determinado, es decir no todos los costos incurridos en un período se consideran gasto. El estado de ganancias y pérdidas se registran los gastos que efectivamente se realizan en el período.

El estado de pérdidas y ganancias, básicamente se estructura de la siguiente forma:

Tabla 3: Forma básica del estado de pérdidas y ganancias

Estado de pérdidas y ganancias (US\$)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año n
+ Ventas					
- Costos de operación					
= Utilidad Bruta					
- gastos generales y administrativos					
- Gastos generales de ventas					
= Utilidad Operativa					
+/- Otros ingresos y egresos no operativos netos (incluye gastos financieros)					
= Utilidad Antes de Impuestos					
- Impuestos					
= Utilidad neta					

Fuente: Elaboración propia con la conceptualización de Blank y Tarkin (2006)

La importancia del estado de resultado en la evaluación económica-financiera de un proyecto propuesto es que sirve para el cálculo de los impuestos, estos cálculos son importantes y relevantes ya que se considera como egresos en el flujo de caja.

2.2.4.3. Flujo de caja

El flujo de caja es un informe financiero detallado en la cual se representa los flujos de ingresos y egresos (efectivo) de una determinada empresa en un período específico, el cual permite conocer de manera rápida la situación económica de la empresa.

Para la evaluación de proyectos es necesario proyectar el flujo de caja tomando en cuenta el horizonte de tiempo del proyecto, tiempo en lo cual se debe tener estimaciones de los ingresos que se generen, a esto es importante vincular los efectos tributarios de la depreciación, la amortización del activo nominal, valor residual, las utilidades y pérdidas básicamente. Con esto el flujo de caja nos permite hacer evaluaciones de: rentabilidad del proyecto, rentabilidad de los recursos propios y medir capacidad de pago para hacer frente a los préstamos adquiridos (Sapag et al., 2014).

Para la construcción del flujo de caja básicamente es necesario conocer cuatro componentes (tabla 4), los que se denominan: egresos iniciales de fondos, ingresos y egresos de operación, momento en la que ocurren los ingresos y egresos y período de evaluación del proyecto (Sapag et al., 2014). Los egresos iniciales de fondos, corresponden a la inversión necesaria para la puesta en marcha del proyecto. Ingresos y egresos de operación, constituyen los ingresos y salidas reales de caja. El momento en la que ocurren los ingresos y gastos se refiere a la cantidad de períodos en las que se ejecuta y evalúa el proyecto. Finalmente el desecho o salvamento se define como los gastos en las que se recurre para cerrar el proyecto así como algunos ingresos que se generen por la venta de activos que fueron utilizados para el proyecto.

En resultado de los flujos de caja proyectado, es usado para la evaluación del proyecto, en base a un criterio que rige para la toma de decisiones que es la rentabilidad, de tal forma que la opción con mayor rentabilidad será la elegida. Por otro lado cabe hacerse la pregunta ¿qué tipo de evaluación es mejor?, ¿económica o financiera? y ¿cuáles son sus diferencias? (García, 2008).

Tabla 4: Componentes básicos de flujo de caja

Flujo de caja (US\$)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año n
+ Ingresos					
- Egresos					
- Inversiones					
= Saldo del período					

Fuente: Elaboración propia con la conceptualización de Sapag (2014)

2.2.4.4. Promedio ponderado del costo de capital (WACC)

El promedio ponderado del costo de capital, es la tasa mínima de rendimiento exigible para un proyecto de inversión. Esta tasa se utiliza para descontar los flujos de fondos operativos (flujo de caja proyectados) de una empresa.

Normalmente el promedio ponderado del costo de capital para la evaluación de proyectos es el promedio ponderado de los costos financieros de los préstamos a largo plazo más el costo de oportunidad del capital contable de la compañía, esto debido a que se utiliza ambos recursos (Chu, 2013).

Para la estimación del WACC, se utiliza la siguiente fórmula:

$$WACC = K_a \frac{I_a}{I_a + D} + K_d(1 - T) \frac{D}{I_a + D}$$

Dónde:

$WACC$ = Promedio ponderado del costo de capital.

K_a = Tasa de costo de oportunidad de los accionistas. Generalmente se utiliza el método del CAPM para obtenerla = $E(R_i)$.

I_a : Capital aportado por los accionistas.

D : Deuda financiera contraída.

K_d : Costo de la deuda financiera.

T : Tasa de impuestos.

La diferencia $1 - T$ se conoce como “escudo fiscal”

La tasa o costo de oportunidad de los accionistas se le conoce como la rentabilidad a la que se renuncia al invertir en un proyecto en vez de activos financieros u otras alternativas de ingreso de similar riesgo; por otro lado está el costo financiero de los recursos obtenidos de préstamos, si se recurriera a esta fuente de financiamiento (Chu, 2013).

La rentabilidad esperada para la empresa se puede calcular mediante el modelo para la valoración de los activos de capital (CAPM), que señala que la tasa exigida de rentabilidad es igual a la tasa libre de riesgo más una prima por riesgo (Sapag, 2004).

$$E(R_i) = R_f + \beta * (E(R_m) - R_f)$$

$E(R_i)$ = Rentabilidad esperada de la empresa o costo de oportunidad.

R_f = Tasa libre de riesgos (tasa de interés de bonos gubernamentales).

$E(R_m)$ = Retorno esperado para el mercado (rendimiento de las acciones de empresas del rubro).

$(E(R_m) - R_f)$ = Prima del mercado.

β = Coeficiente beta que indica la sensibilidad del proyecto con respecto a los movimiento del mercado donde: < 1 es poco sensible a los movimientos del mercado, $= 1$ el proyecto tiene el mismo nivel de riesgo que el mercado y > 1 es muy sensible a los movimientos del mercado (Beltran y Cueva, 2013).

2.2.4.5. Evaluación económica

La evaluación económica mide la rentabilidad en términos de lucro, con la particularidad de que la rentabilidad es medida en base a la inversión total del proyecto. Es decir incluye el capital del empresario más los préstamos necesarios para el inicio del proyecto (García, 2008).

La evaluación económica se evalúa en función al resultado del flujo de caja libre que es igual al flujo de inversión más el flujo operativo más flujo de liquidación (Lira, 2013).

$$\text{Flujo caja libre} = \text{Flujo de inversión} + \text{Flujo operativo} + \text{Flujo de liquidación}$$

2.2.4.6. Evaluación financiera

De igual forma que la evaluación económica su objetivo medir la rentabilidad en términos de lucro. Se habla de una evaluación financiera, cuando la evaluación es estrictamente para los intereses del inversionista, es decir se centra en la rentabilidad que ofrece el proyecto sobre el capital del empresario (García, 2008).

Para la evaluación financiera es necesario estimar el flujo de caja del accionista que es igual al flujo de caja libre proyecto más flujo de caja de financiamiento (servicio de la deuda más escudo fiscal) (Lira, 2013).

$$\text{Flujo caja accionista} = \text{Flujo caja libre proyecto} + \text{Flujo de financiamiento}$$

2.2.5. INDICADORES PARA LA EVALUACIÓN DE REEMPLAZO DE EQUIPOS

2.2.5.1. Principios del valor actual (VA)

Para la evaluación de proyectos, las matemáticas financieras son de vital importancia, ya que busca que el dinero invertido hoy debe ser recompensado con una rentabilidad que el inversionista exige por su dinero, por no usar ese dinero hoy y aplazar su consumo a un futuro conocido, el cual se conoce como valor tiempo del dinero (Sapag, 2004).

Es decir que al término de un determinado período, el dinero invertido hoy es aumentado a razón de una tasa de interés (i). Entonces se puede mencionar que el dinero de hoy vale más que el dinero de mañana. Fórmula para calcular.

$$VA = \frac{VF}{(1 + i)^n}$$

VA = Valor actual

VF = Valor futuro

n = Número de períodos

i = Tasa de interés o tasa de retorno

2.2.5.2. Valor actual neto (VAN)

El valor presente neto, consiste en traer los flujos de caja futuros (flujos de caja proyectados) al presente de un determinado proyecto incluyendo la inversión realizada en el año cero. El VAN permite sumar costos y beneficios que se producen en distintos períodos de tiempo, los cuales no pueden ser sumados directamente debido a que el valor del dinero varía en el tiempo, es decir, no tiene el mismo valor dinero de hoy que dinero futuro. Para corregir esto, el VAN "actualiza" los flujos futuros de costos y beneficios mediante una tasa de descuento, transformándolos en flujos expresados en dinero de hoy, para luego sumarlos sobre una base común (Lira, 2013).

El VAN, matemáticamente se expresa de la siguiente forma:

$$VAN = \frac{B1}{(1+i)^1} + \frac{B2}{(1+i)^2} + \frac{B3}{(1+i)^3} + \dots \dots \dots \frac{Bn}{(1+i)^n} - I_o$$

Cuya fórmula general se expresa como sigue:

$$VAN = \sum_{n=1}^n \frac{Bn}{(1+i)^n} - I_o$$

El criterio para la decisión de invertir, es que si el VAN es positivo entonces se acepta el proyecto, si el VAN es negativo se rechaza el proyecto (Chu, 2013).

Según McAfee, Lewis, y Dale (2005) Llevar a cabo un análisis del VAN principalmente requiere dos cosas.

- la inversión y los ingresos deben ser estimados. Este es un desafío, especialmente porque no se tienen una asertividad al 100%, si no que son estimaciones teniendo todas las consideraciones necesarias.
- Se debe identificar una tasa de retorno apropiada. La tasa de retorno es un problema, debido a los riesgos asociados con los beneficios de la inversión.

Para invertir se hace uso de dinero que puede ser propio de la empresa (producto de ingresos netos) o puede ser dinero prestado de alguna entidad financiera, en el primer caso el costo de oportunidad debe ser mayor a las alternativas que ofrece ya sea activos financieros u otros; en el segundo caso, la entidad prestadora cede su dinero con cierto interés, el mismo que es el costo de oportunidad de la entidad financiera.

2.2.5.3. Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno, es la tasa con la cual el VAN se hace cero. Por lo tanto, la oportunidad de inversión que ofrezca una rentabilidad superior al costo de oportunidad del capital, es una afirmación correcta (Chu, 2013). Si para calcular la TIR, el VAN tiene que ser cero, entonces la TIR es exactamente igual al costo de oportunidad, el mismo que se expresa de la siguiente manera (Lira, 2013).

$$VAN = \frac{B1}{(1 + TIR)^1} + \frac{B2}{(1 + TIR)^2} + \frac{B3}{(1 + TIR)^3} + \dots + \frac{Bn}{(1 + TIR)^n} - I_0 = 0$$

En general la fórmula para calcular la TIR se puede expresar como sigue:

$$VAN = \sum_{n=1}^n \frac{Bn}{(1 + TIR)^n} - I_0 = 0$$

Si, $TIR >$ tasa de descuento (i): El proyecto es aceptable.

2.2.5.4. Relación beneficio-costos (B/C)

Criterio de evaluación de proyectos de inversión que resulta de los flujos de los beneficios actualizados entre el flujo actualizado de los costos que genera el proyecto, cuya expresión matemática es la siguiente:

$$B/C = \frac{\sum \frac{Bt}{(1 + i)^n}}{\sum \frac{Ct}{(1 + i)^n}}$$

El criterio para la toma de decisiones es que el resultado de la relación B/C sea mayor a 1, es decir que los beneficios actualizados (Bt) son mayores que los costos actualizados (Ct).

$$B/C > 1$$

El cálculo de la actualización del costo (Ct) se considera la inversión generada en el año cero (Castro y Herrera, 2009).

Para proyectos mutuamente excluyentes, no es recomendable el ratio B/C porque la estimación de costo e ingresos pueden no ser homogéneos en ambos proyectos (Beltran y Cueva, 2013), pero si queremos aplicar este ratio, se recomienda hacer una comparación del ratio B/C en ambos escenarios y lo más razonable es tomar la decisión en base al resultado mayor.

2.2.6. CRITERIO DE EVALUACIÓN PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPO

Dentro de una organización los altos directivos de la compañía están sometidos con frecuencia a la toma de decisiones, ya sean en el campo administrativo, productivo, técnico u otros. Por lo tanto en algún determinado momento será necesario decidir sobre la continuidad de un activo productivo por otro; la toma de decisiones se justifica en la reducción de costos y la generación de mayores utilidades para la empresa, dicho esto la toma de decisiones de reemplazo está sustentada en la reducción de costos, porque el activo actual concentra excesivo tiempos de reparación, involucra mayores costos en repuestos y mano de obra de mecánicos entre otros; por otro lado, con un activo nuevo se tiene mayor disponibilidad de trabajo, mejores rendimientos que conllevan a la generación de mayores márgenes de utilidad.

Para una correcta toma de decisión en el reemplazo de un activo, es importante tener en cuenta todos los ingresos y egresos que pueda generar tanto el activo actual y nuevo, con ello generar los flujos de caja y someterlos a evaluaciones económicas correctas para determinar el nivel de rentabilidad (Taylor, 1991).

Las evaluaciones de proyectos en empresas en marcha, debe tener en cuenta el flujo de caja incremental, que es la variación de beneficio y costo al ejecutar el proyecto planteado (Lira, 2013). Para sustentar la viabilidad de un proyecto planteado de reemplazo de equipo, supone que los índices de rentabilidad económica – financiera sean convenientes para la empresa, para tal efecto es necesario determinar el incremento del valor por efecto de ejecutar el proyecto. Para determinar el incremento de valor consiste el elaborar tres flujos de caja: Un flujo de caja con proyecto, un flujo de caja sin proyecto y un flujo de caja diferencial.

$$\text{Flujo de caja Diferencial} = \text{Flujo de caja con proyeco} - \text{Fujo de caja sin proyecto}$$

Teniendo el flujo de caja diferencial, se calcula los indicadores financieros como el VAN y la TIR, si el resultado de los indicadores precisa la rentabilidad al ejecutar el proyecto, entonces económica y financieramente el proyecto planteado es viable.

2.2.6.1.1. Consideraciones para el análisis de reemplazo de equipos

Para el análisis de reemplazo de equipo se debe tener en cuenta el horizonte de evaluación que básicamente es el panorama en la cual los activos van a actuar. El horizonte de evaluación del retador estará determinado por la vida útil de defensor o también puede ser establecido por los intereses de la compañía.

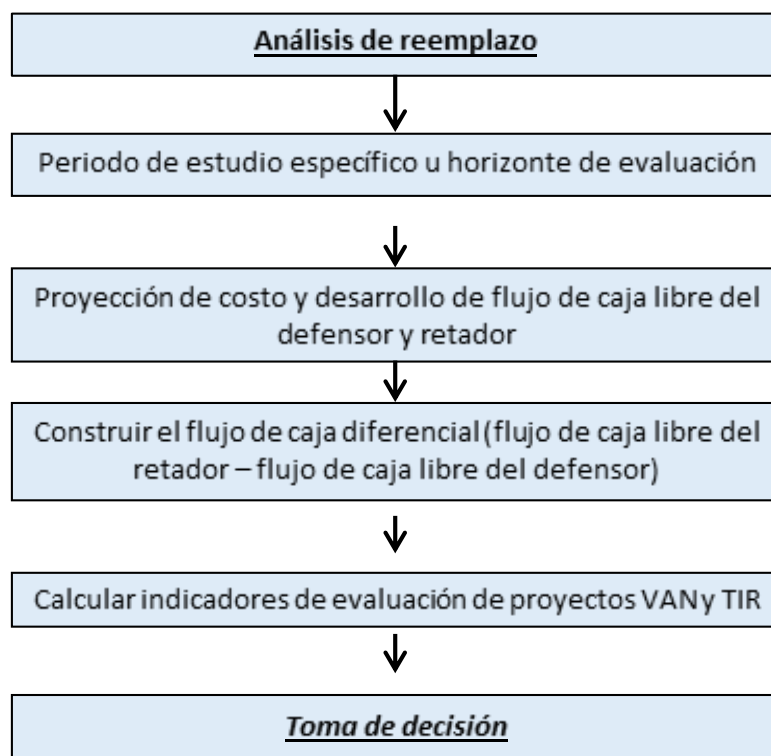


Figura 3: Panorama general para el análisis de reemplazo de equipos

Fuente: Elaboración propia con la conceptualización de Blank y Tarkin (2006)

Cuando el período de análisis se limita a un determinado horizonte de planeación específico, el VAN para el retador y para la vida restante del defensor, normalmente no se basan en la vida útil económica. No se toma en cuenta de lo que sucede con las alternativas después del período en estudio (Blank y Tarquin, 2006). Esto da a entender que para el último año se incluye el salvamento, y los costos para la disposición final del activo.

2.3. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

Mediante una adecuada evaluación económica-financiera de los equipos de acarreo de mineral y desmonte de la unidad minera Corihuarmi, se podrá decidir entre reemplazar o continuar las operaciones mineras con los equipos actuales.

2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

a) El análisis adecuado de los indicadores de mantenimiento advierten sobre los rendimientos decrecientes y generadores de mayor costo en la operación.

b) Una adecuada estimación de los costos operativos con los equipos actuales para los años siguientes, ayudará a realizar una evaluación económica.

c) Una adecuada estimación de los costos operativos en un escenario de operación con equipos nuevos para los años siguientes, ayudará a realizar una evaluación económica-financiera.

d) En base a la comparación de las evaluaciones económicas, se definirá el reemplazo o no de los equipos y por ende favorecerá a generar mayores beneficios a la empresa.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DISEÑO METODOLÓGICO

La investigación está basada desde un enfoque descriptivo-cuantitativo, ya que el planteamiento del problema se basa gracias a la identificación de la variación de costos relacionados a los equipos de acarreo de mineral y desmonte de la unidad minera.

La investigación tiene un alcance descriptivo, ya que este estudio busca especificar las características de los objetos de estudio o fenómenos ocurridos que se someten al estudio (Hernández, Fernández y Baptista, 2010); y enfoque cuantitativo porque se basa en la recolección de datos para probar la hipótesis con base en la medición numérica (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

Por lo tanto esta investigación, busca realizar un estudio basado en un análisis de las características y factores que influyen en el costo de los equipos de acarreo de mineral y desmonte. En concreto, la metodología se enfrenta a evaluar la factibilidad de un reemplazo de equipos, en lo cual la decisión de reemplazar los equipos actuales por nuevos que cumplan el mismo trabajo, estará determinada por los resultados de estudio en los dos escenarios.

Los datos para la elaboración del presente proyecto serán tomados de la unidad Corihuarmi – Minera IRL, específicamente datos relacionados a los equipos de la actividad de acarreo de mineral y desmonte, donde la minera cuenta con 13 camiones ACTROS de la marca Mercedes Benz, con capacidad de tolva 17 m³.

El resultado del estudio se obtendrá de la elaboración y del análisis de un flujo de caja diferencial, que servirá para calcular los indicadores (VAN y TIR) relevantes que determinan la aceptación o no del proyecto planteado, vista desde los intereses de la empresa; y que ayuda a una toma de decisiones por parte de los representantes de la empresa.

3.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Para sustentar la hipótesis, los datos y toda la información necesaria, es facilitada por las áreas de: contabilidad, planeamiento de mina y mantenimiento. La manipulación de los datos se realiza en tres etapas: la primera consiste en la recolección de datos más la estimación de costos, ingresos e inversiones, tanto del equipo actual y nuevo; la segunda etapa consiste en generar el flujo de caja proyectado y de la comparación de los flujos de caja (con proyecto y sin proyecto) se elabora un flujo de caja diferencial y finalmente se tiene el cálculo de los indicadores de evaluación de proyectos y con ello determinar la decisión a tomar la mejor alternativa y con esta la continuidad de las operaciones.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. POBLACIÓN

La población definida como el conjunto de objetos, individuos o medidas que poseen características comunes, tales como: homogeneidad, tiempo, espacio y cantidad (Wigodski, 2010). Para el presente el estudio la población está conformada por los camiones de la actividad de acarreo de mineral y desmonte de la empresa minera IRL, unidad Corihuarmi.

Para la aplicación del reemplazo de equipo mediante el VAN, se tomará datos de la minera IRL unidad Corihuarmi, los datos de análisis para los equipos actuales se tomará de la data histórica de la unidad minera, en el caso de los datos para el análisis para los equipos nuevos se basará en función a la teoría existente.

3.3.2. MUESTRA

La muestra está referida a una porción escogida de la población; entonces es una parte de la población, que nos interesa estudiarlo, ya que esto facilita a la obtención de resultados reduciendo tiempo, recursos y esfuerzo, por lo cual la muestra debe ser lo suficientemente representativo (Levin y Rubin, 2004).

Para el estudio en marcha, el universo de muestras esta reducido a los datos de 01 camión de la marca Mercedes Benz, modelo Actros, con lo cual se podrá proyectarse en la población total.

3.4. VARIABLES

3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE (VI)

Evaluación económica-financiera de los camiones de acarreo de la unidad minera Corihuarmi

3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE (VD)

Reemplazo de camiones de acarreo de la unidad minera corihuarmi.

3.5. RECOLECCIÓN DE DATOS E INSTRUMENTOS

La información requerida para el estudio, se recopilará información de las áreas de planeamiento de mina, contabilidad y mantenimiento; el área de planeamiento mina tiene los resultados y proyecciones de la operación mineras, en tanto el área de contabilidad tiene los resultados operativos en términos monetarios (costos). Datos que son contabilizados y revisados mensualmente que son reportes o informes presentados por distintas áreas de la mina y finalmente el área de mantenimiento tiene la información necesaria sobre la funcionalidad de los equipos así como los indicadores.

Los instrumentos a utilizar para el procesamiento de datos, básicamente es una computadora implementada con el Software Excel de Microsoft, el mismo que nos servirá de soporte para las estimación de los indicadores financieros.

3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

La operacionalización de las variables se muestra en la tabla 5.

3.7. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULOS PARA LA EVALUACIÓN

Para llegar a determinar los indicadores económicos-financieros, se tiene dos escenarios: equipos actuales y equipos nuevos, para lo cual se tiene en consideración cuatro etapas en cada escenario. El procedimiento se presenta en la figura 4.

- **Etapas 01. Ingresos y egresos.**

Etapas en la cual se hará el análisis de costos de los equipos actuales, así como la estimación de ingresos y egresos a futuro. Los ingresos se estimarán en función a las políticas de la empresa y los egresos se estimarán en función a los resultados históricos de los equipos actuales, datos que tiene el área de planeamiento y contabilidad, estos datos serán sometidos a un ajuste de regresión

lineal¹, con ello se obtendrá una ecuación de estimación, que es una fórmula matemática que relaciona las variables independientes con las dependientes². Después se podrá estimar las variables dependientes cambiando las variables independientes. Para ello se utilizará las siguientes formulas:

Tabla 5: Operacionalización de las variables

Variables	Indicadores	Índices (unidad de medida)
V.I. Evaluación económica-financiera de los equipos de acarreo de mineral y desmote de la unidad minera Corihuarmi	Ingresos	
	Valor residual	US\$
	Prestamos	US\$
	Egresos	
	CAPEX	US\$
	OPEX	US\$
	Pagos por deuda	US\$
	Inversión	US\$
	Indicadores financieros	
	VAN	US\$
	TIR	%
V.D. Reemplazo de equipos de acarreo de mineral y desmote en la unidad minera Corihuarmi	VAN diferencial	US\$
	TIR diferencial	%

Fuente: Elaboración propia

El modelo de comportamiento de una variable dependiente (Y), se puede explicar a través de la variable independiente (X), que sería presentada como sigue:

$$Y = f(x)$$

¹ Regresión Lineal, proceso para predecir una variable a partir de otra (Levin y Rubin, 2010).

² La variable independiente (x) de la regresión lineal, representa al año ejecutado. La variable dependiente (y), representa el resultado de costo expresado en US\$/h.

Si, consideramos que la función $f(x)$, relaciona Y con X, entonces se puede escribir como sigue (ecuación de una línea recta):

$$Y = ax + b$$

Lo anterior es una ecuación de grado uno, donde a es el coeficiente de la variable independiente y b es una constante, esto se puede calcular con las siguientes formulas:

$$a = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{\sum y - a \sum x}{n}$$

Dónde:

n = número de datos (número de años)

El grado de veracidad o confiabilidad de la que presenta la regresión lineal es básicamente determinado por el R^2 (coeficiente de determinación), este último representa la explicación de la variable dependiente en función a la variable independiente. Cuya expresión matemática es como sigue:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum e^2}{(y - \bar{y})^2}$$

Donde:

e = Error de la regresión

y = Variable observada

\bar{y} = Promedio de las variables observadas.

Para estimar los ingresos y egresos de los equipos nuevos, el cálculo se realizará en función a la base teórica expuesta en la revisión de la literatura.

- **Etapa 02. Elaboración del flujo de caja económico y financiero**

Para ambos escenarios se elaborará el flujo de caja proyectado, en la cual se presentará una tabla que resume los ingresos, egresos e inversiones en un horizonte de tiempo, resultando un flujo de efectivo en los períodos establecidos.

• **Etapa 03. Elaboración del flujo de caja incremental**

Para determinar el flujo de caja incremental, se obtiene de la diferencia de los flujos de caja financiero con proyecto menos el flujo de caja financiero sin proyecto; en el flujo de caja incremental se calcula los indicadores de evaluación para proyectos.

$$\text{Flujo de caja diferencial} = \text{Flujo de caja con proyeco} - \text{Flujo de caja sin proyecto}$$

• **Etapa 04. Calculo de indicadores de evaluación de proyectos**

Teniendo el flujo de caja incremental se calcula los indicadores de evaluación de proyectos que son el VAN y la TIR y de concluir con una opción para tomar la decisión de reemplazar equipos o no.

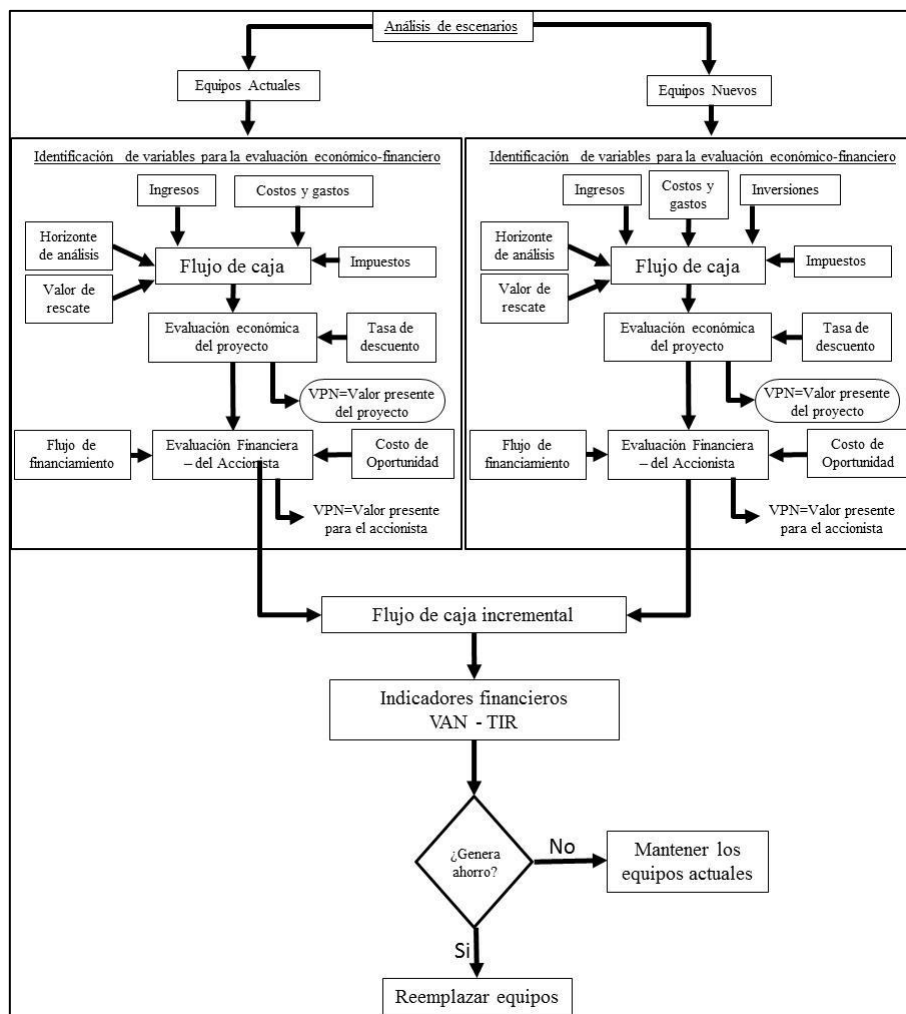


Figura 4: Esquema del procedimiento de cálculos para la evaluación

Fuente: Elaboración propia

3.8. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.8.1. UBICACIÓN

El Proyecto Corihuarmi está ubicado a 250 km al SE, en línea recta, de la ciudad de Lima. Políticamente pertenece al distrito de Huantán, provincia de Yauyos y departamento de Lima.

3.8.2. ACCESIBILIDAD

Para llegar a la mina corihuarmi existen dos rutas:

La primera ruta:

Lima – Huancayo, vía asfaltada de 360 km, 6 horas de viaje;

Huancayo – Vista Alegre – Mina Corihuarmi, vía afirmada de 115 km, y 4 horas de viaje.

La segunda ruta:

Lima - Cañete – Lunahuaná, vía asfaltada de 145 km, 2.5 horas de viaje.

Lunahuana – división Yauyos – Llapay, vía afirmada de 155 km, 4 horas de viaje.

Llapay – San Valentin – Mina Corihuarmi, vía afirmada de 70 km, 3.5 horas de viaje.

3.8.3. OPERACIONES MINA

Se emplea el método de explotación a cielo abierto, la operación minera consiste en la extracción de material mineral y desmote por el sistema de carguío y acarreo en superficie. La operación por sus dimensiones y producción, está clasificado como un proyecto de mediana minería, siendo su ciclo de minado el siguiente:

- Perforación
- Voladura
- Carguío
- Acarreo Mineral y Desmote
- Mantenimiento de vías
- Servicios auxiliares

3.8.3.1. Perforación

La perforación es la primera operación dentro de la operación mina que abre paso para preparación de una voladura. Su propósito es abrir en la roca cavidades cilíndricas denominadas taladros o blastholes, las que son cargadas con mezclas explosivas y sus accesorios iniciadores.

Es determinante la buena ejecución de los diseños de la malla de perforación en los trabajos en campo para obtener la fragmentación deseada. Para ello es necesario considerar los siguientes puntos:

- En una buena perforación se debe tener en cuenta el paralelismo de los taladros
- Para un correcto carguío de explosivos se requiere controlar la profundidad y diámetro de los taladros.
- También es importante mantener la verticalidad y ángulos correspondientes de los taladros.

Los taladros tienen una profundidad de 5.0 m, con sobre perforación de 0.5 m y generalmente la malla usada es 3.0 m x 2.6 m en mineral y 4 m x 3.5 m en desmonte.

3.8.3.2. Voladura

Para el diseño de la voladura se tiene en cuenta los siguientes parámetros: tipo de roca y caracterización geológica, propiedades físico- mecánicas y volumen de la roca a ser volada, tipo de explosivos, accesorios y el sistema de iniciación. Las mezclas explosivas empleadas son el ANFO como agente de voladura y la Emulsión encartuchada. Entre los accesorios de voladura se tiene: el Booster de $\frac{3}{4}$ lb. Como iniciador, los detonadores no eléctricos, cordón detonante (pentrita), mecha de seguridad y fulminantes N° 8. El carguío de explosivos en los taladros se hace manualmente.

Las voladuras se realizan a la 1:00 p.m., horario en que el personal de operaciones sale al refrigerio, en promedio se disparan 150 a 400 taladros por proyecto.

3.8.3.3. Carguío

El carguío del material (mineral o desmonte) se realiza con excavadoras CAT 345, el ingreso de los equipos de acarreo se hace en dos carriles y el tiempo de carga aproximado por volquete está en un rango de (2,5 min – 3.5 min).

La eficiencia en el carguío que está relacionado a las horas efectivas de trabajo, y los factores que influyen en la pérdida de eficiencias son: la inadecuada fragmentación de la roca, falta de control de los pisos y la mala asignación de equipos de acarreo generan demoras operativas de hasta 8 minutos.

3.8.3.4. Acarreo

Actividad que consiste el trasladar el material disparado de la zona de carguío a un punto de descarga (PAD o botaderos), para esta actividad se cuenta con equipos de 27 TM de capacidad de carga. Las distancia aproximada de acarreo de mineral (mina - PAD) es de 2.2 km, y en el caso del desmonte es de 1.5 km.

Los factores que determina la buena productividad del acarreo son: el estado de las vías, el estado del equipo, ya que los equipos tienen una baja disponibilidad mecánica (entre 80 % - 88 % de DM).

3.8.3.5. Mantenimiento de vías

El mantenimiento de vía, actividad que está encargado, a que las vías de acarreo estén en buen estado, para ello se considera que tengan, buen mantenimiento de las cunetas, que todo el tramo de acarreo cuente con bermas de seguridad, que la vía mantenga el lomo de pescado y que el ancho de la vía sea constante.

3.8.3.6. Servicios auxiliares

Los servicios auxiliares se refieren a dos ítems, empuje de desmonte en los botaderos y los trabajos para la estabilización de taludes en el tajo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se busca calcular los elementos para la evaluación económica-financiera en los dos escenarios (con proyectos y sin proyectos) y finaliza en la estimación de indicadores económicos-financieros del flujo de caja diferencial con lo cual determina la factibilidad de reemplazar camiones de acarreo de mineral y desmonte así como la generación de mayores beneficios para la empresa. El horizonte de estudio para las evaluaciones económica-financiera está restringido por la vida útil de la mina el mismo que es 3 años.

4.1. ANÁLISIS DE COSTO DE LOS EQUIPOS DE ACARREO DE MINERAL Y DESMONTE

La minera, para el inicio de las operaciones, terceriza las actividades de carguío y acarreo y pasado el tercer año de operaciones, bajo un análisis de costo beneficio decide hacerse cargo de estas actividades, para lo cual adquiere equipos de acarreo (13 volquetes Actros de marca Mercedes Benz) con capacidad de 17 m³, con esta adquisición la responsabilidad de la eficiencia en la producción pasa a ser responsabilidad de la minera, para ello se debía implementar una serie de controles para monitorear el performance de los nuevos equipos, y las áreas involucradas son operaciones mina y mantenimiento.

El análisis del costo total de que corresponde a la actividad de acarreo se presenta en el a figura 5, en dicha figura se ve que el costo en el primer año representa el 22.7 % y 27.88 % en el quinto año y el costo unitario se incrementa de 0.57 US\$/TM a 0.62 US\$/TM aun habiendo incrementado la producción. Es claro el incremento del costo en esta actividad, y el grueso de los egresos se genera por el uso de los camiones. Datos que se muestran en el anexo A.

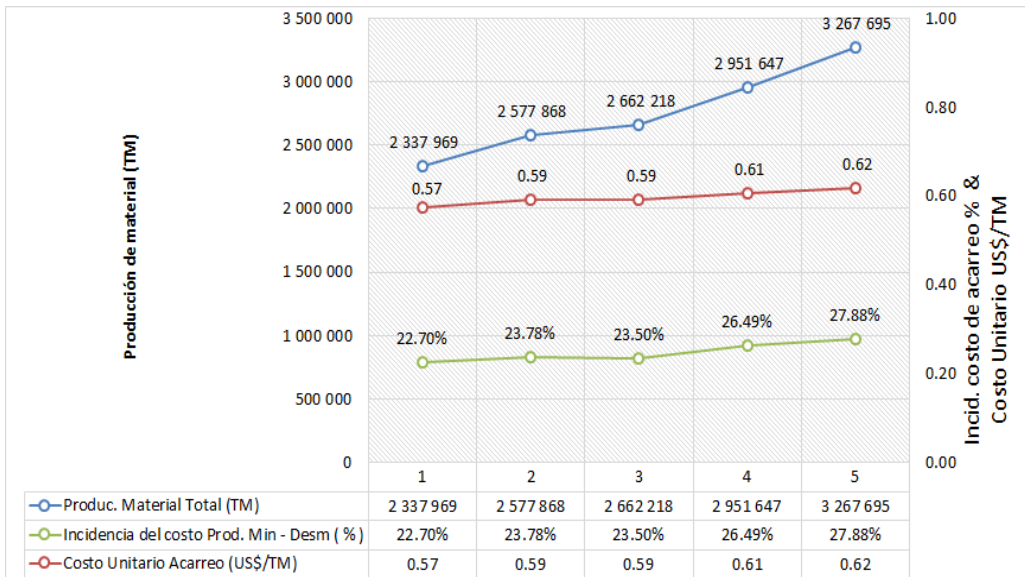


Figura 5: Evolución producción y de mineral y desmante

Fuente: Elaboración propia con información de planeamiento mina

Por otro lado, el costo horario generado por los equipos de acarreo de mineral y desmante se incrementaron de 29.45 US\$/h en el primer año de operación a 36.53 US\$/h en el quinto año de operación, incrementándose en 24.04 %.

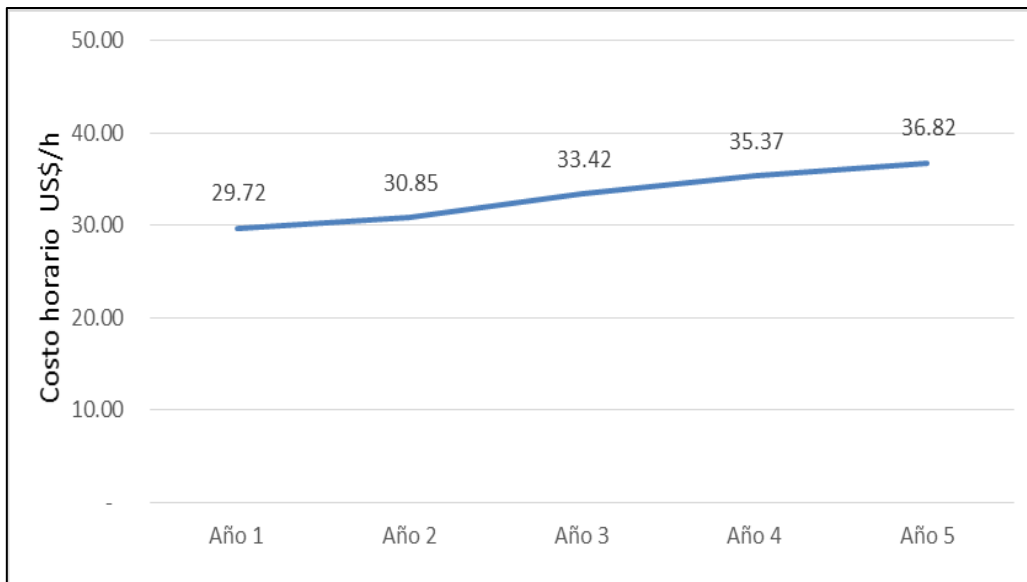


Figura 6: Evolución costo US\$/h equipos acarreo mineral y desmante

Fuente: Elaboración propia con información de planeamiento mina

Las partidas con mayor incidencia de costo son: consumo de combustible, mano de obra del operador y neumáticos. El costo de la partida de repuestos, es el que tiene mayor

incremento de 0.95 US\$/h en el primer año de operación a 5.86 US\$/h en el quinto año de operación. El detalle de los costos se presentan en el anexo B.

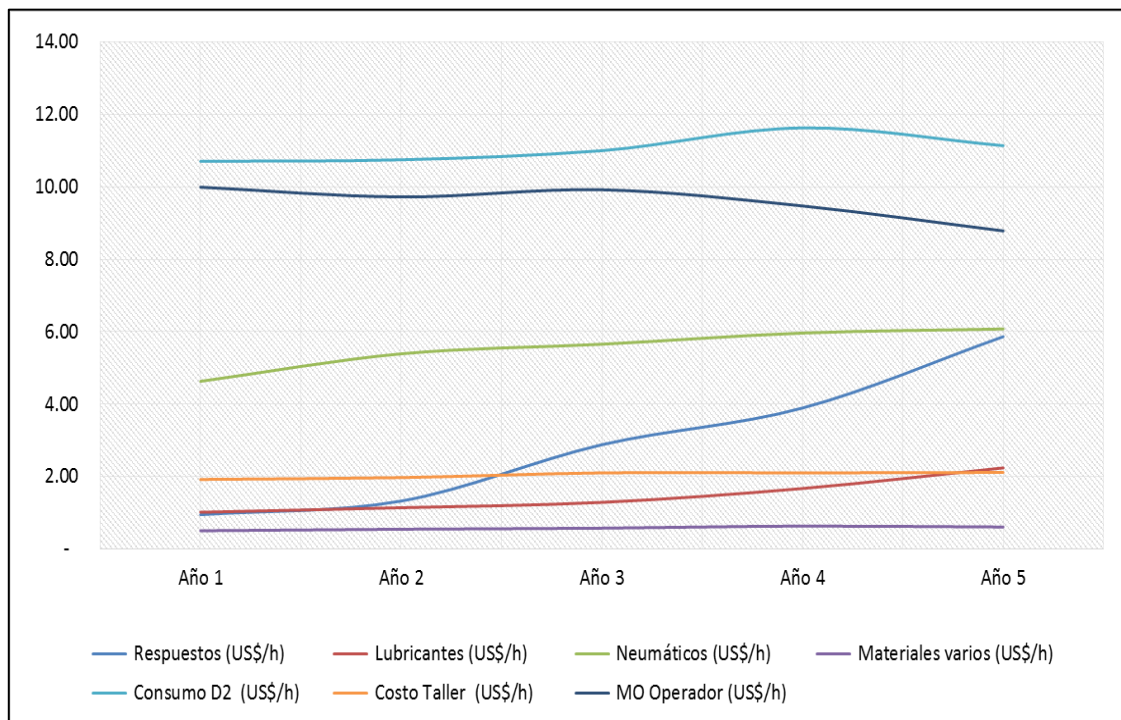


Figura 7: Evolución costo US\$/h equipos por partida

Fuente: Elaboración propia con información de planeamiento mina

La figura 7, muestra claramente que el costo horario de repuestos se incrementó sustancialmente, este es un indicador claro que los equipos de acarreo tienen mayores necesidades mecánicas, razón por la cual es necesario evaluar y determinar una mejor opción para reducir costos en las operaciones así como también concentrar recursos en otras alternativas.

La presentación de la figura 8, muestra el incremento del costo horario a medida que la disponibilidad mecánica disminuye; así mismo en la figura 9, se muestra que el rendimiento baja a medida que la disponibilidad mecánica también baja. Entonces el camión tiende a estar más en taller, reduciendo el tiempo de trabajo y con ello la eficiencia en el trabajo, esto se ve reflejado en el incremento del costo horario.

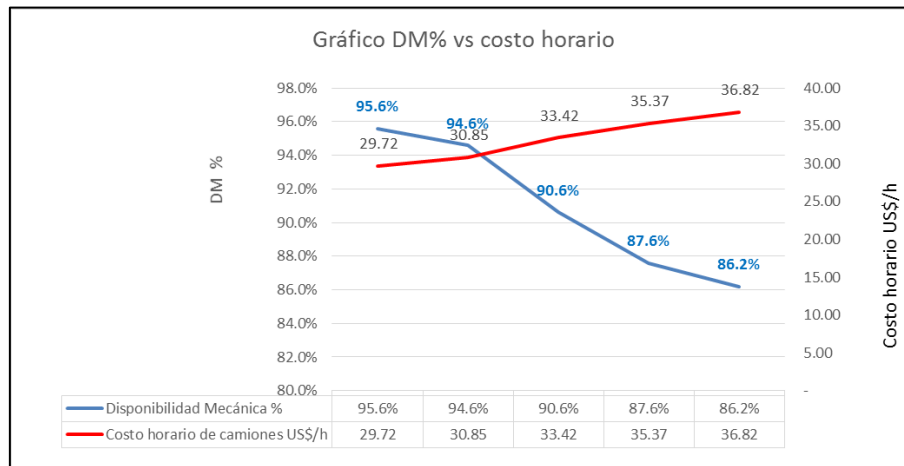


Figura 8: Representación gráfica de DM % vs Costo horario de camiones

Fuente: Elaboración propia con información de planeamiento

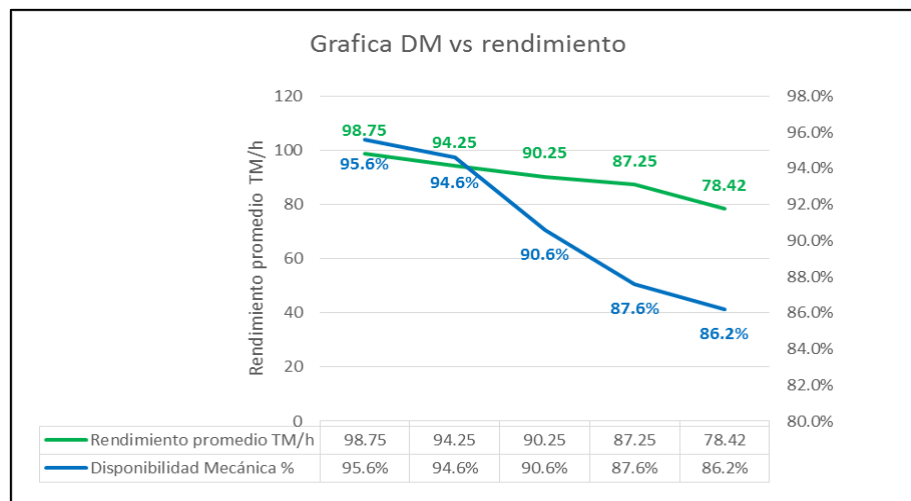


Figura 9: Disponibilidad mecánica vs rendimiento.

Fuente: Elaboración propia con información de planeamiento

4.2. PROYECCIÓN DE COSTOS Y FLUJO DE CAJA ECONÓMICA-FINANCIERA DE CAMIONES ACTUALES

El programa de producción (anexo C) indica explotar 7.8 M de toneladas de mineral y 4.7 M de tonelada de desmonte, siendo un total de 12.5 M toneladas de material roto que acarrear durante tres años de operación restantes.

En esta sección se estimará el costo que implicará acarrear el material total programado con los equipos actuales, para la estimación de costos nos apoyaremos en los

indicadores actuales, así como también nos apoyaremos en la regresión lineal que gracias a ello se podrá proyectar los costos para los años siguientes.

4.2.1. HORAS REQUERIDAS POR AÑO CON EL CAMIÓN ACTUAL

Para estimar las horas requeridas por año, se tomará en cuenta los indicadores de producción de mineral y desmante, los cuales fueron tomados en campo, donde: la productividad en mineral es de 64.52 TM/h, y en desmante es 92.32 TM/h. considerando estos rendimientos se construye la tabla 6, horas requeridas por año. El mismo que fue estimado bajo la fórmula.

$$\text{Horas requeridas por camion} = \frac{\frac{\text{Material programado (TM)}}{\text{Rendimiento } \left(\frac{\text{TM}}{\text{h}}\right)}}{\text{Número de camiones}}$$

Tabla 6: Horas requeridas por año

	Año 01	Año 02	Año 03
Programa de Mineral (TM)	2 800 000	2 800 000	2 239 050
Rendimiento (TM/h)	64.52	64.52	64.52
Horas requeridas (h)	43 397	43 397	34 703
Programa de Desmante (TM)	1 558 833	2 084 702	1 048 826
Rendimiento (TM/h)	92.32	92.32	92.32
Horas requeridas (h)	16 885	22 581	11 361
Total de hora requeridas (h)	60 282	65 979	46 064
N° de Camiones disponibles	13	13	13
Hs requeridas por camión en promedio (h)	4 637	5 075	3 543

Fuente: Elaboración propia con información de planeamiento

4.2.2. PROYECCIÓN DE COSTO DE CAMIÓN ACTUAL

El detalle de costos históricos del camión ACTROS, está conformado por las siguientes partidas: Costo de repuestos, costo de lubricantes, costo de neumáticos, costo de materiales varios, costo de combustible, costo de taller y costo de mano de obra operador.

Para la estimación de los costos a futuro, los costos históricos se ajustan a una ecuación de línea recta, gracias a un análisis de mínimos cuadrados ordinarios; la ecuación de la regresión línea se detalla en el capítulo III.

En los párrafos siguientes se calcula el valor de a y b de cada partida de costo, para reemplazar en la ecuación de regresión lineal y con ello poder estimar los costos de las partidas para los tres años restantes, para el caso de los equipos serían los años 6, 7 y 8 de operación.

4.2.2.1. Regresión lineal del costo de repuestos

Con datos del anexo D, se elabora la tabla 7, donde Y es el costo unitario histórico y X es el número de año operado. Con este dato se calcula el coeficiente a de la variable independiente, y la constante b.

Tabla 7: Valores para la regresión lineal del costo de repuestos

Y	X	X ²	X*Y
0.95	1	1	0.95
1.33	2	4	2.66
2.88	3	9	8.65
3.89	4	16	15.58
5.86	5	25	29.32
Σ 14.92	Σ 15	Σ 55	Σ 57.15

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando valores, se tiene:

$$a = \frac{5 * 57.15 - 14.92 * 15}{5 * 55 - 15^2} = 1.239$$

$$b = \frac{14.92 - 1.239 * 15}{5} = -0.733$$

Reemplazando en la ecuación lineal, se tiene:

$$Y = 1.239x - 0.733$$

El coeficiente de determinación o R² es 0.96, lo cual está calculado en el anexo E.

4.2.2.2. Regresión lineal del costo de lubricantes

En esta partida está considerado el costo de aceites, grasas y filtros. El coeficiente a de la variable independiente y la constante b , se calculan en base a los datos de la tabla 8.

Tabla 8: Valores para la regresión lineal del costo de lubricantes – equipo actual

Y	X	X ²	X*Y
1.02	1	1	1.02
1.14	2	4	2.28
1.29	3	9	3.87
1.67	4	16	6.70
2.24	5	25	11.21
Σ 7.36	Σ 15	Σ 55	Σ 25.07

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando valores, se tiene:

$$a = \frac{5 * 25.07 - 7.36 * 15}{5 * 55 - 15^2} = 0.299$$

$$b = \frac{7.36 - 0.299 * 15}{5} = 0.575$$

Reemplazando en la ecuación lineal, se tiene:

$$Y = 0.299x + 0.575$$

El coeficiente de determinación o R² es 0.90, lo cual está calculado en el anexo E.

4.2.2.3. Regresión lineal del costo de neumáticos

Los datos para el cálculo del coeficiente a de la variable independiente y la constante b del costo de neumáticos se tienen en la tabla 9.

Tabla 9: Valores para la regresión lineal del costo de neumáticos

Y	X	X ²	X*Y
4.63	1	1	4.63
5.39	2	4	10.78
5.65	3	9	16.96
5.96	4	16	23.85
6.08	5	25	30.38
Σ 27.72	Σ 15	Σ 55	Σ 86.61

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando valores, se tiene:

$$a = \frac{5 * 86.61 - 27.72 * 15}{5 * 55 - 15^2} = 0.345$$

$$b = \frac{27.72 - 0.345 * 15}{5} = 4.509$$

Reemplazando en la ecuación lineal, se tiene:

$$Y = 0.345x + 4.509$$

El coeficiente de determinación o R² es 0.90, lo cual está calculado en el anexo E.

4.2.2.4. Regresión lineal del costo de taller

Los costos de taller son los costos incurridos a usar los recursos del taller como equipos, herramientas, energía y otros que se usa para el mantenimiento y/o reparación de los equipos (tabla 10).

Tabla 10: Valores para la regresión lineal del costo de taller

Y	X	X ²	X*Y
1.65	1	1	1.65
1.70	2	4	3.40
1.82	3	9	5.45
1.82	4	16	7.27
1.82	5	25	9.10
Σ 8.81	Σ 15	Σ 55	Σ 26.88

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando valores, se tiene:

$$a = \frac{5 * 26.88 - 8.81 * 15}{5 * 55 - 15^2} = 0.045$$

$$b = \frac{8.81 - 0.045 * 15}{5} = 1.627$$

Reemplazando en la ecuación lineal, se tiene:

$$Y = 0.045x + 1.627$$

El coeficiente de determinación o R^2 es 0.81, lo cual está calculado en el anexo E.

4.2.2.5. Regresión lineal del costo de materiales varios

Los materiales varios son considerados, a los materiales que no intervienen el mantenimiento y/o reparación de los equipos, estos son: equipos de protección personal para mecánicos, útiles de escritorio, etc (tabla 11).

Tabla 11: Valores para la regresión lineal del costo de materiales varios

Y	X	X ²	X*Y
0.51	1	1	0.51
0.55	2	4	1.10
0.58	3	9	1.73
0.64	4	16	2.54
0.61	5	25	3.05
Σ 2.88	Σ 15	Σ 55	Σ 8.93

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando valores, se tiene:

$$a = \frac{5 * 8.93 - 2.88 * 15}{5 * 55 - 15^2} = 0.029$$

$$b = \frac{2.88 - 0.029 * 15}{5} = 0.489$$

Reemplazando en la ecuación lineal, se tiene:

$$Y = 0.029x + 0.489$$

El coeficiente de determinación o R^2 es 0.84, lo cual está calculado en el anexo E.

4.2.2.6. Regresión lineal del costo de combustible

Para estimar el costo de combustible se tiene en consideración la regresión lineal del consumo de combustible, en base a ello es que se proyecta los costos. Para calcular el coeficiente a de la variable independiente, la constante b se tiene la tabla 12.

Tabla 12: Valores para la regresión lineal del costo de combustible

Y	X	X ²	X*Y
10.70	1	1	10.70
10.75	2	4	21.49
11.00	3	9	32.99
11.63	4	16	46.50
11.13	5	25	55.67
Σ 55.21	Σ 15	Σ 55	Σ 167.36

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando valores, se tiene:

$$a = \frac{5 * 167.36 - 55.21 * 15}{5 * 55 - 15^2} = 0.173$$

$$b = \frac{55.21 - 0.173 * 15}{5} = 10.5230$$

Reemplazando en la ecuación lineal, se tiene:

$$Y = 0.173x + 10.523$$

El coeficiente de determinación o R^2 es 0.55, lo cual está calculado en el anexo E.

4.2.2.7. Regresión lineal del costo de mano de obra - operador

La estimación del costo de mano del operador de los equipos actuales está en función a la regresión lineal del costo de mano de obra con los datos de la tabla 13.

Tabla 13: Valores para la regresión lineal del costo de mano de obra

Y	X	X ²	X*Y
9.99	1	1	9.99
9.72	2	4	19.44
9.92	3	9	29.76
9.47	4	16	37.88
8.78	5	25	43.91
Σ 47.88	Σ 15	Σ 55	Σ 140.98

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando valores, se tiene:

$$a = \frac{5 * 140.98 - 47.88 * 15}{5 * 55 - 15^2} = -0.266$$

$$b = \frac{47.88 - (-0.266) * 15}{5} = 10.374$$

Reemplazando en la ecuación lineal, se tiene:

$$Y = -0.266x + 10.374$$

El coeficiente de determinación o R² es 0.75, lo cual está calculado en el anexo E.

Tabla 14: Resumen de regresión lineal del costo de los camiones actuales

Partida	Regresión lineal	R ²
Regresión lineal del costo de repuestos	1.239 t - 0.733	0.96
Regresión lineal del costo de lubricantes	0.299 t + 0.575	0.90
Regresión lineal del costo de neumáticos	0.345 t + 4.509	0.90
Regresión lineal del costo de taller	0.045 t + 1.627	0.81
Regresión lineal del costo de mat. varios	0.029 t + 0.489	0.84
Regresión lineal del costo de combustible	0.173 t + 10.523	0.55
Regresión lineal del costo de mano de obra	-0.266 t + 10.374	0.75
Regresión lineal del costo total	1.864 t + 27.364	0.987

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de determinación de la regresión total es 0.987 (anexo E), esto quiere decir, que si se estima los costos a futuro de los equipos actuales haciendo uso de la

regresión lineal calculada, tendrán una certeza alta por lo tanto el modelo es confiable y se puede aplicar para la presente evaluación de proyecto.

En la tabla 15, se resumen la proyección de costo horario de los camiones actuales (Años 6, 7 y 8), esto se proyectó en base a la regresión lineal presentada en la tabla 14, considerando que las operaciones continuaran con los equipos actuales.

Tabla 15: Resumen de proyección de costo horario del camión actual

Partida	Año 6	Año 7	Año 8
Costo repuestos US\$/h	6.70	7.94	9.18
Costo lubricantes US\$/h	2.37	2.67	2.97
Costo neumáticos US\$/h	6.58	6.92	7.27
Costo taller US\$/h	1.90	1.94	1.99
Costo materiales varios US\$/h	0.66	0.69	0.72
Costo combustible US\$/h	11.56	11.73	11.91
Costo mano de obra US\$/h	8.78	8.51	8.25
Costo total US\$/h	38.55	40.41	42.28

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la proyección de las horas necesarias para cumplir con el programa de producción, en la tabla 16 se proyecta el costo que involucra mantener en operación un camión por año.

Tabla 16: Resumen de proyección de costo del camión actual por año

Partida	Año 6	Año 7	Año 8
Horas requeridas	4 637	5 075	3 543
Costo repuestos US\$	31 073	40 298	32 525
Costo lubricantes US\$	10 985	13 541	10 513
Costo neumáticos US\$	30 508	35 141	25 757
Costo taller US\$	8 797	9 856	7 041
Costo materiales varios US\$	3 074	3 512	2 555
Costo combustible US\$	53 610	59 553	42 191
Costo mano de obra US\$	40 705	43 201	29 219
Costo total US\$	178 752	205 102	149 800

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. CALCULO DEL MOMENTO ÓPTIMO DE REEMPLAZO DEL CAMIÓN ACTUAL.

El momento óptimo de reemplazo de camión actual se obtiene con la siguiente fórmula:

$$CAE = \left(I_0 - \frac{Vr}{(1+r)^n} + \sum_{i=1}^{I=n} \frac{Ci}{(1+r)^i} \right) * \left(\frac{(1+r)^n * r}{(1+r)^n - 1} \right)$$

El mismo que se puede disgregar en Inversión anualizada y costo de operación anualizada.

Donde.

- I_0 = Inversión inicial =
- Vr_x = Valor residual en el período i
- r = Tasa de descuento
- n = Número de años en evaluación
- i = Período a año evaluado

Es necesario tener presente los siguientes ítems.

- Valor residual al final de la vida útil.

$$Vr = P (20\%) = 195\ 000\ US\$ * 20\% = 39\ 000\ US\$$$

- Tasa de descuento $r = 9\%$ (anexo I).
- Número de años en iteración 7 años, no se considera el año 8 porque no se trabaja el año completo

Teniendo presente lo antes mencionado y sabiendo el costo de operación histórico se calcula CAE para el camión actual, para determinar si es momento de reemplazarlo o no, lo cual se presenta en la tabla 17, como también la representación figura 10.

Tabla 17: Momento óptimo de reemplazo de camión actual

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Costo de operación camión actual anualizada US\$							
Costo de operación anualizada US\$	107 467	112 024	115 663	120 568	126 311	133 282	141 088
Inversión Anualizada US\$							
Capital Anualizada US\$	173 550	92 191	65 139	51 662	43 616	38 285	34 506
CAE Total por período US\$	281 017	204 215	180 801	172 230	169 928	171 567	175 594

Fuente: Elaboración propia

El indicador CAE, muestra que el momento óptimo para el reemplazo del camión actual es finalizando el año 5.

Según los antecedentes de la investigación, (Barrientos, 2015). En su artículo titulada, *Reemplazo de flotas de camiones mineros, en la minera Cerro Negro, Chile*, Trabajo presentado en el 9° Encuentro Internacional de Mantenedores de Plantas Mineras, MANTEMIN 2014, y según (Mendoza, 2013). En su tesis titulada, *Selección y reemplazo de equipos de transporte en la minera Anabi S.A.C.*, para optar título de Ingeniero de Minas, presentado en la Universidad Nacional del Altiplano; ambos autores para determinar el reemplazo de equipos hacen uso de la metodología del costo anual equivalente (CAE); El CAE es un indicador que determina el momento óptimo para el reemplazo de equipos, en el presente trabajo de igual forma se aplica para determinar el momento óptimo de reemplazo, pero el CAE no determina si es beneficiosa el reemplazo de equipos, ya que este indicador no toma en cuenta el manejo de las depreciaciones, los impuestos, así como la venta de camiones actuales, por lo tanto en el presente trabajo es necesario hacer una evaluación económica o financiera para determinar si los flujos de dinero son positivos o no, teniendo esta información favorable se puede pensar en reemplazar los camiones actuales; más aún en el escenario del presente trabajo, porque el horizonte de evaluación es corto (3 años).

4.2.4. CONSTRUCCIÓN DE FLUJO DE CAJA ECONÓMICA Y FINANCIERA DE LOS CAMIONES ACTUALES

Para la evaluación económica de los camiones actuales, primero es necesario construir el estado de resultados, esto con la finalidad de saber los impuestos y la utilidad operativa. Para ello se tiene los siguientes supuestos.

- Valor de adquisición de camión actual : 195 000 US\$
- Número de equipos : 13 unidades
- Salvataje o valor residual : 20 %
- Tiempo de depreciación : 5 años

Calculo del salvamento o valor residual del equipo.

$$Vsx = P - x\left(\frac{P - Vs}{n}\right)$$

$$Vsx = (195\ 000\ US\$) - 5\left(\frac{(195\ 000\ US\$ - (195\ 000\ US\$ * 20\ %))}{5}\right) = 39\ 000\ US\$$$

39 000 US\$ es el valor residual de un camión, si consideramos el total de camiones que son 13, el valor residual es 507 000 US\$.

- Costo de operación – OPEX : el cálculo es las horas requeridas (tabla 6) por el costo horario (tabla 15) por la cantidad de camiones (13).

Teniendo presente ello se construye la tabla 18.

Tabla 18: Estado de resultados de camiones actuales

Estado de resultados SIN proyecto (US\$)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ventas	-	-	-	-
OPEX	-	-2 323 770	-2 666 330	-1 947 400
Utilidad bruta	-	-2 323 770	-2 666 330	-1 947 400
Gastos administrativos	-	-	-	-
Gastos generales	-	-	-	-
Otros ingresos - venta de activo	-	-	-	-
Otros Ingresos - valor residual	-	-	-	507 000
Utilidad bruta EBITDA	-	-2 323 770	-2 666 330	-1 440 400
Depreciación	-	-	-	-
Amortización	-	-	-	-
Utilidad bruta EBIT	-	-2 323 770	-2 666 330	-1 440 400
Impuesto a la renta IR	-	685 512	786 567	424 918
Utilidad neta	-	-1 638 258	-1 879 762	-1 015 482

Fuente: Elaboración propia

Para la elaboración del flujo de caja, el detalle a considerar es sumar a la utilidad neta del estado de resultados, la depreciación. Para el presente estudio, se considera que los camiones se han depreciado en su totalidad, por lo tanto el flujo de caja queda tal igual a la utilidad neta; el mismo que se presenta en la tabla 19.

Tabla 19: Flujo de caja económico de los camiones actuales

Flujo de caja económico SIN proyecto (US\$)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos	-	-	-	507 000
Ventas	-	-	-	-
Otros ingresos - venta de activo	-	-	-	-
Otros ingresos - valor residual	-	-	-	507 000
Egresos	-	1 638 258	1 879 762	1 522 482
OPEX	-	2 323 770	2 666 330	1 947 400
IR	-	-685 512	-786 567	-424 918
CAPEX	-	-	-	-
Flujo de caja	-	-1 638 258	-1 879 762	-1 015 482

Fuente: Elaboración propia

Para los intereses del accionista (empresa) es necesario elaborar el flujo de caja financiero, en este flujo de caja, se muestra el efectivo neto que tiene la empresa en sus distintos períodos. Para la elaboración del flujo de caja financiero, al flujo de caja económico se agrega el flujo de financiamiento. Como no se tiene financiamiento el flujo de caja financiero queda tal igual al flujo de caja económico, entonces queda como se presenta en la tabla 20.

Tabla 20: Flujo de caja financiero de los camiones actuales

Flujo de caja Financiero SIN proyecto (US\$)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Flujo de caja económico SIN proyecto	-	-1 638 258	-1 879 762	-1 015 482
Flujo de la deuda	-	-	-	-
<u>Ingreso por préstamo</u>	-	-	-	-
<u>Egresos</u>	-	-	-	-
<i>Amortización de deuda</i>	-	-	-	-
<i>Interés</i>	-	-	-	-
<i>Escudo fiscal</i>	-	-	-	-
Flujo de caja financiero	-	-1 638 258	-1 879 762	-1 015 482

Fuente: Elaboración propia

4.2.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA-FINANCIERA DE LOS CAMIONES

ACTUALES

Evaluación económica de los camiones actuales

- **Promedio ponderado del costo de capital (WACC)**

Como no se tiene préstamo alguno, el WACC es equivalente al costo de oportunidad que igual a 9% (anexo I).

- **Valor presente neto (VAN)**

$$VAN = \frac{B1}{(1+i)^1} + \frac{B2}{(1+i)^2} + \frac{B3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{Bn}{(1+i)^n} - I_0$$

$$VAN = \frac{-1\ 638\ 258}{(1+0.09)^1} + \frac{-1\ 879\ 762}{(1+0.09)^2} + \frac{-1\ 015\ 482}{(1+0.09)^3} + (-0,00) = -3\ 869\ 285\ US\$$$

- **Beneficio/Costo (B/C)**

$$B/C = \frac{\sum \frac{Bt}{(1+i)^n}}{\sum \frac{Ct}{(1+i)^n}}$$

$$B/C = \frac{\frac{0}{(1+0.09)^1} + \frac{0}{(1+0.09)^2} + \frac{507\ 000}{(1+0.09)^3} + 0}{\frac{1\ 638\ 258}{(1+0.09)^1} + \frac{1\ 879\ 762}{(1+0.09)^2} + \frac{1\ 522\ 482}{(1+0.09)^3} + 0} = \frac{391\ 497}{4\ 260\ 782} = 0.09$$

Evaluación financiera de los camiones actuales

El resultado de la evaluación financiera es igual al económico porque no se tiene préstamo alguno.

4.3. PROYECCIÓN DE COSTOS Y FLUJO DE CAJA ECONÓMICA-FINANCIERA DE CAMIONES NUEVOS

Lo equipos nuevos, al igual que los camiones actuales deben de tener la capacidad operativa de cumplir con el programa de producción y rebasar las expectativas económicas para tener en agenda el reemplazo de equipos.

Los costos operativos de los camiones nuevos, se calculan teniendo en cuenta las formulas teóricas; así como su productividad.

4.3.1. PRODUCTIVIDAD DE CAMIÓN NUEVO

Para la estimación de la productividad de los camiones nuevos, es necesario determinar los tiempos de acarreo de ida y vuelta, por tal razón se necesita estimar la velocidad promedio de ida y la velocidad promedio de vuelta, esta operación se ejecutará para el acarreo de mineral y desmante. Para determinar la velocidad urge conocer la resistencia a la pendiente y la resistencia a la rodadura, resultando la resistencia total o efectiva, adicional a ello se debe conocer la ruta de acarreo de mineral y desmante (Figura 11 y figura 12) y el plano de las vías de acarreo se presenta en el anexo J.

- **Pendiente efectiva o resistencia total (RT %).** Se refiere a la suma de la resistencia a la rodadura y la pendiente efectiva.

$$RT \% = RD \% \pm P \%$$

- **Resistencia a la rodadura (RD %).** corresponde al esfuerzo de tracción necesario para sobreponerse al efecto retardatorio entre los neumáticos y la vía. La RD % para un camino bien mantenido y seco de tierra y grava.

$$RD \% = 2 \% + 0.6 \% \times (\text{cada cm de penetración de la llanta})$$

Considerando 1pulg. = 2.54 cm de penetración de la llanta, se tiene:

$$RD \% = 2 \% + 0.6 \% \times (2.54)$$

- **Resistencia a la pendiente (P%).** Es la resistencia a vencer por pendientes por el equipo de acarreo, corresponde al esfuerzo de tracción necesario para sobreponerse a la gravedad y permitir el ascenso del vehículo en una vía con pendiente positiva (es decir, una vía que asciende). Corresponde a 1 % del peso del vehículo por cada 1 % de pendiente. Por ejemplo, un camino con 5 % de pendiente tiene una resistencia por pendiente de un 5 % del peso total movilizado (peso del camión más el peso de la carga).

4.3.1.1. Productividad de mineral

Para la estimación de la productividad de mineral, se tiene en consideración la ruta de acarreo de mineral que es de mina hasta el PAD de lixiviación, el mismo que se ilustra en la figura 11, que consiste de cuatro secciones cada una con una pendiente diferente.

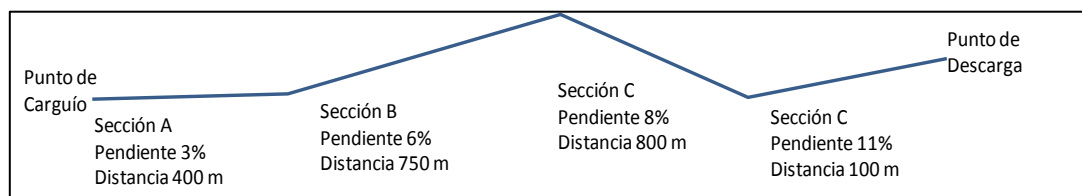


Figura 10: Sección de ruta de acarreo de mineral (Mina - PAD lixiviación)

Fuente: Elaboración propia

- **Estimación de velocidad de acarreo – ida**

Para estimar la velocidad de acarreo es necesario conocer las fuerzas que se oponen a la generación de mayor velocidad, con lo expuesto de fórmulas de resistencia total se elabora la tabla 21, en la cual se resume la resistencia total de los equipos nuevos de ida.

Tabla 21: Resumen de resistencia total de equipos nuevos - ida

Ítem	Sección A	Sección B	Sección C	Sección D
Penetración de la llanta (cm)	2.54	2.54	2.54	2.54
Resistencia a la rodadura %	4 %	4 %	4 %	4 %
Pendiente %	3 %	6 %	-8 %	11 %
Resistencia efectiva o total %	7 %	10 %	-4 %	15 %

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la velocidad del equipo, utilizamos graficas del anexo F. Con lo cual llegamos se obtiene velocidades estimadas para cada tramo y se tiene el resumen en la tabla 22. El promedio aritmético de las velocidades es de 20.25 km/h, esta velocidad será considerada para la estimación del tiempo que demoran los equipos para acarrear mineral de mina a PAD lixiviación.

Tabla 22: Velocidad de acarreo de mineral - ida

Ítem	Sección A	Sección B	Sección C	Sección D	Promedio
Velocidad (km/h)	19	15	36	11	0.25

Fuente: Elaboración propia

- **Estimación de velocidad de acarreo – retorno**

Para estimar la velocidad de vuelta, las pendientes de las rutas se invierten. Tomando en consideración los mismos conceptos se tiene la tabla 23, donde se resume la resistencia total a las pendientes de vuelta.

Tabla 23: Resumen de resistencia total de equipos nuevos - vuelta

Ítem	Sección A	Sección B	Sección C	Sección D
Penetración de la llanta (cm)	2.54	2.54	2.54	2.54
Resistencia a la rodadura %	4 %	4 %	4 %	4 %
Pendiente %	-3 %	-6 %	8 %	-11 %
Resistencia efectiva o total %	1 %	-2 %	12 %	-7 %

Fuente: Elaboración propia

Al igual que para estimar velocidad de retorno se usa graficas del anexo F, donde la velocidad promedio es de 36.25 km/h.

Tabla 24: Velocidad de acarreo de mineral - ida

Ítem	Sección A	Sección B	Sección C	Sección D	Promedio
Velocidad (km/h)	45	45	23	32	36.25

Fuente: Elaboración propia

- **Calculo de la productividad por equipo en mineral**

Para el cálculo de la productividad, se tiene en cuenta las demoras operativas, es decir tiempos de carguío y descarga que se obtuvo en función a un muestreo realizado en campo. Por lo tanto, se tiene la siguiente información para la estimación de la productividad:

Velocidad promedio de ida : 20.25 km/h

Velocidad promedio de retorno : 36.25 km/h

Distancia de acarreo de mineral	: 2.05 km
Tiempo de carguío	: 3.18 min
Tiempo de descarga	: 2.38 min
Demoras	: 2.04 min
Tiempo de ida	: $2.05\text{km}/20.25 \text{ km/h} \times 60 = 6.07 \text{ min}$
Tiempo de retorno	: $2.05\text{km}/36.25 \text{ km/h} \times 60 = 3.39 \text{ min}$
Ciclo Total	: $3.18+2.38+2.04+6.07+3.39 = \mathbf{17.07 \text{ min}}$

Productividad por equipo en mineral.

$$Productividad = \frac{Cc}{Ciclo} \times 60 \text{ min/h}$$

Cc: Capacidad de carga del equipo

Por lo tanto, la productividad de mineral es:

$$Productividad \text{ del equipo en mineral} = \frac{27 \text{ TM}}{17.07 \text{ min}} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} = \mathbf{94.92 \text{ TM/h}}$$

- ***Calculo de requerimiento de equipos para producción de mineral***

Horas laborables x día	: 18 h
Efectividad en el trabajo	: 90 %
Horas efectivas x día	: 16.2 h
Rendimiento Teórico 90 %	: $94.92 \text{ TM/h} \times 90 \% = 85.43 \text{ TM/h}$
Disponibilidad mecánica DM %	: 95 %

$$Volq. = \frac{\frac{Prod. Diaria \text{ TM/día}}{Rendimiento \text{ TM/h}}}{Horas \text{ efetivas } h \times DM\%}$$

$$N^{\circ} Volq. = \frac{\frac{8000 \text{ TM/día}}{85.43 \text{ TM/h}}}{16.2 \text{ h} \times 95 \%} = 6.1 = \mathbf{7 \text{ unidades}}$$

4.3.1.2. Productividad en desmonte

La ruta a considerar para este cálculo se presenta en la figura 12, que básicamente se compone por tres secciones, con la particularidad de que la sección B con carga es de pendiente negativa.

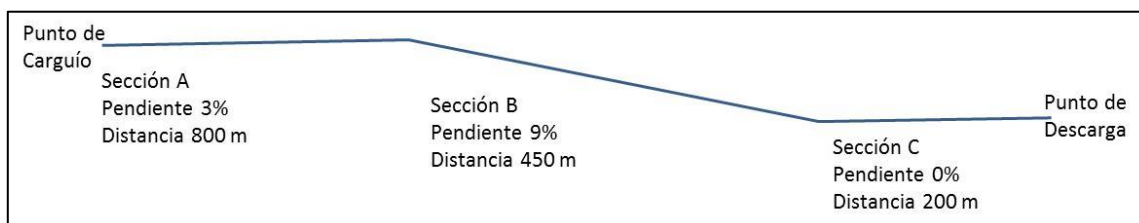


Figura 11: Sección de ruta de acarreo de desmonte (mina-botadero)

Fuente: Elaboración propia

- *Estimación de velocidad de acarreo – ida*

La resistencia total para la ruta de acarreo de desmonte de ida, se resume en la tabla 25.

Tabla 25: Resumen de resistencia total de equipos nuevos - ida

Ítem	Sección A	Sección B	Sección C
Penetración de la llanta (cm)	2.54	2.54	2.54
Resistencia a la rodadura %	4 %	4 %	4 %
Pendiente %	3 %	-9 %	0 %
Resistencia efectiva o total %	7 %	-5 %	4 %

Fuente: Elaboración propia

Con la ayuda de la graficas del anexo F se obtiene las velocidades de ida y se resume en la tabla 26. El promedio aritmético de las velocidades es de 30.00 km/h, esta velocidad será considerada para la estimación del tiempo que demoran los equipos para acarrear desmonte de mina a botadero.

Tabla 26: Velocidad de acarreo de desmonte – ida

Ítem	Sección A	Sección B	Sección C	Promedio
Velocidad (km/h)	19	31	40	30.00

Fuente: Elaboración propia

- **Estimación de velocidad de acarreo – retorno**

En la tabla 27, se resumen las velocidades de acarreo de desmonte.

Tabla 27: Resumen de resistencia total de equipos nuevos - vuelta

Ítem	Sección A	Sección B	Sección C
Penetración de la llanta (cm)	2.54	2.54	2.54
Resistencia a la rodadura %	4 %	4 %	4 %
Pendiente %	-3 %	9 %	0 %
Resistencia efectiva o total %	1 %	13 %	4 %

Fuente: Elaboración propia

Al igual que la ida, para estimar velocidad de retorno se usa graficas del anexo F, donde la velocidad promedio es de 34.67 km/h.

Tabla 28: Velocidad de acarreo de mineral - ida

Ítem	Sección A	Sección B	Sección C	Promedio
Velocidad (km/h)	39	20	45	34.67

Fuente: Elaboración propia

- **Calculo de la Productividad por equipo en desmonte**

- Velocidad promedio de ida : 30.00 km/h
- Velocidad promedio de retorno : 34.67 km/h
- Distancia de acarreo de desmonte : 1.45 km
- Tiempo de carguío : 3.18 min
- Tiempo de descarga : 2.38 min
- Demoras : 2.04 min
- Tiempo de ida : $1.45 \text{ km} / 30.00 \text{ km/h} * 60 = 2.90 \text{ min}$
- Tiempo de retorno : $1.45 \text{ km} / 34.67 \text{ km/h} * 60 = 2.51 \text{ min}$
- Ciclo : $3.18 + 2.38 + 2.04 + 2.9 + 2.51 = 13.01 \text{ min}$

Productividad del equipo en desmonte.

$$Productividad \text{ del equipo en desmonte} = \frac{27 \text{ TM}}{13.01 \text{ min}} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} = 124.52 \text{ TM/h}$$

- **Calculo de requerimiento de equipos para la producción de desmonte**

Horas laborables x día	: 18 h
Efectividad en el trabajo	: 90 %
Horas efectivas x día	: 16.2 h
Rendimiento teórico 90 %	: 124.52 TM/h x 90% = 112.07 TM/h
Disponibilidad mecánica DM %	: 95 %

$$N^{\circ} Volq. = \frac{4\,454\,TM/día}{16.2\,h \times 95\%} = 2.6 = \mathbf{3\,unidades}$$

Total de equipos requeridos: 07 unidades en mineral, 03 unidades en desmonte más 01 unidad en mantenimiento o stand by, total de unidades 11.

4.3.2. HORAS REQUERIDAS POR AÑO CON EL CAMIÓN NUEVO

Para la estimación de horas se toma en consideración una disminución de rendimientos de 4.6% (promedio aritmético de disminución de rendimiento de los equipos actuales) a partir del segundo año de operación.

$$Horas\ requeridas = \frac{Prod.Programada\ TM}{Rendimiento\ TM/h}$$

Tabla 29: Horas requeridas por año de camiones nuevos

	Año 01	Año 02	Año 03
Horas requeridas en mineral			
Mineral (TM)	2 800 000	2 800 000	2 239 050
Rendimiento (TM/h)	85.43	82.75	78.73
Horas requeridas (h)	32 776	33 838	28 439
Horas requeridas en desmonte			
Desmonte (TM)	1 558 833	2 084 702	1 048 826
Rendimiento (TM/h)	112.07	108.56	103.29
Horas requeridas (h)	13 909	19 204	10 154
Total de horas requeridas (h)	46 686	53 042	38 593
N° de camiones necesarios	11.0	11.0	11.0
Horas requeridas en prom. por camión (h)	4 244	4 822	3 508

Fuente: Elaboración propia

Con el total de equipos requeridos (11 camiones de acarreo) se cubre las horas requeridas, esto es un indicativo de que con la cantidad de equipos nuevos, el programa de producción se llega a cumplir.

4.3.3. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN

4.3.3.1. Costo de combustible

El consumo de combustible nominal es de 2.7 gal/h, este consumo tiene un incremento anual de 1.6 % por año según registros de la minera. El precio del combustible puesta en mina es de 3.95 US\$/gal puesto en mina. Con lo cual se tendría lo siguiente tabla 30.

$$\text{Costo combustible} = \text{Consumo de combustible} \times \text{precio} \times \text{horas requeridas}$$

Tabla 30: Costo de combustible de camión nuevo

Ítem	Año 1	Año 2	Año 3
Consumo de combustible (gal/h)	2.70	2.74	2.79
Precio combustible (US\$/gal)	3.95	3.95	3.95
Horas requeridas (h)	4 244	4 822	3 508
Costo de combustible (US\$)	45 264	52 258	38 628

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.2. Costo de lubricantes (aceites, grasas y filtros)

Según la teoría el costo de: lubricantes, grasas y filtros es equivalente al 13 % del costo de combustible.

$$\text{Costo Lubricantes} = \text{Costo de combustible} \times 13 \%$$

Teniendo presente lo anterior se construye la tabla 31.

Tabla 31: Costo de lubricantes de camión nuevo

Ítem	Año 1	Año 2	Año 3
Costo de combustible (US\$)	45 264	52 258	38 628
Incidencia %	13 %	13 %	13 %
Costo de lubricantes (US\$)	5 884	6 794	5 022

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.3. Costo de neumáticos

El equipo de acarreo tiene 2 neumáticos delanteros y 8 neumáticos traseros, con una vida útil de 2,200 h y 1800 h respectivamente. El cálculo del costo se realiza mediante la siguiente formula.

$$\text{Costo Neumáticos} = \frac{\text{Precio neumático}}{\text{Vida util neumático}} \times \text{horas requeridas} \times N^{\circ} \text{ Neumáticos / por camion}$$

Aplicando la formula se tiene la tabla 32.

Tabla 32: Costo de neumáticos del camión nuevo

Costo de neumáticos	Año 1	Año 2	Año 3
Neumáticos delanteros			
Vida útil de neumáticos h	2 200	2 200	2 200
Cant. de neumáticos delanteros unid	2	2	2
Valor de neumáticos delanteros US\$/unid	698.00	698.00	698.00
Costo hora US\$/h	0.63	0.63	0.63
Horas requeridas h	4 244	4 822	3 508
Costo de neumáticos delanteros US\$	2 693	3 060	2 226
Neumáticos posteriores			
Vida útil de neumáticos h	1 800	1 800	1 800
Cant. de neumáticos posteriores unid	8	8	8
Valor neumáticos posteriores US\$/unid	765.00	765.00	765.00
Costo hora US\$/h	3.40	3.40	3.40
Horas requeridas h	4 244	4 822	3 508
Costo de neumáticos posteriores US\$	14 430	16 395	11 929
Costo total de neumáticos US\$	17 123	19 455	14 155

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.4. Costo de mantenimiento y reparación

El costo mantenimiento y reparación de disgrega en dos ítems: costo de repuesto y costo de mano de obra de taller. Teóricamente el costo de reparación es equivalente al 70% del valor de adquisición entre la vida útil del equipo en horas, como fórmula se tiene:

$$CMR = \frac{70 \% \times \text{Valor de adquisición}}{\text{Vida útil en horas}}$$

- *El costo de mantenimiento y reparación CMR*

$$CMR = \frac{70 \% \times 215\,500 \text{ US\$}}{30\,000 \text{ h}} = 5.03 \text{ US\$/h}$$

Del costo de mantenimiento y reparación, 25 % es el costo de mano de obra de taller y 75 % es el costo de repuestos. Por lo tanto:

- *Mano de obra de taller CMO*

$$CMO = 25 \% \times 5.03 \text{ US\$/h} = 1.26 \text{ US\$/h}$$

- *Costo de repuestos (CR)*

$$CR = 75 \% \times 5.03 \text{ US\$/h} = 3.77 \text{ US\$/h}$$

En la tabla 33, se proyecta el costo de mantenimiento y reparación mediante la siguiente fórmula.

$$CMR = CMR \text{ hora} \times \text{horas requeridas}$$

Tabla 33: Costo de mantenimiento y reparación de camión nuevo

Ítems	Año 01	Año 02	Año 03
Horas requeridas (h)	4 244	4 822	3 508
Costo de reparación por hora (US\$/h)	4.19	4.19	4.19
Costo de reparación (US\$)	17 784	20 206	14 701

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.5. Costo de materiales varios

El costo de materiales varios representa el 10 % del costo de repuestos. Para la proyección de costo se utiliza la siguiente fórmula.

$$\text{Costo de materiales varios} = \text{Costo horario de repuestos} \times \text{hora requeridas} \times 10 \%$$

Tabla 34: Costo de materiales varios – camión nuevo

Ítems	Año 01	Año 02	Año 03
Costo de repuestos por hora (US\$/h)	3.77	3.77	3.77
Incidencia de costo materiales varios (%)	10 %	10 %	10 %
Costo de repuestos por hora (US\$/h)	0.38	0.38	0.38
Horas requeridas (h)	4 244	4 822	3 508
Costo de materiales varios (US\$)	1 601	1 818	1 323

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.6. Costo de mano de obra - operador

Cada camión necesita contar con 3 operadores, distribuidos de la siguiente manera: 1 operador de turno día, 1 operador de turno noche y 1 operador de días libres.

El costo de mano de obra del operador está conformado por el jornal del operador más la alimentación. En el anexo G, se tiene las consideraciones para el cálculo de costo de operador, lo cual se resume como sigue.

- **Jornal del operador**

El jornal del operador en promedio es 70.00 S/. Por día. Que equivale a 21.34 US\$/día

- **Beneficio legal en favor del operador**

Gratificaciones	: 16.67 %
Compensación por tiempo de servicio - CTS	: 8.33 %
Vacaciones	: 8.33 %
Seguro de vida ley	: 3.00 %
Seguro contra todo riesgo	: 4.00 %

- **Alimentación**

Desayuno	: 7.40 S/. = 2.26 US\$
Almuerzo	: 10.00 S/. = 3.05 US\$
Cena	: 10.00 S/. = 3.05 US\$

En la tabla 35 y tabla 36, se presenta el costo de operador y alimentación por día

Tabla 35: Costo de operador por día

Partida	%	US\$/día
Jornal	100 %	21.34
Gratificaciones	16.7 %	3.56
Compensación por tiempo de servicio - CTS	8.3 %	1.78
Vacaciones	8.3 %	1.78
Seguro de vida ley	3.0 %	0.64
Seguro contra todo riesgo	4.0 %	0.85
Mano de obra US\$/día		29.95

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36: Costo de alimentación por día

Alimentación	US\$/día
Desayuno US\$/día	2.26
Almuerzo US\$/día	3.05
Cena US\$/día	3.05
Alimentación US\$/día	8.35

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del costo mensual que involucra el operador de camión, se tiene en consideración los siguiente: días trabajadas 20, días de descanso 10, los días de descanso se son remunerados, por lo tanto mensualmente se paga al operador por 30 días. Entonces se tiene.

$$\text{Costo MO mensual} = \text{Costo por día} \times 30 \text{ días}$$

Entonces.

$$\text{Costo MO mensual} = 29.95 \times 30 \text{ días} = 898.4 \text{ US$/mes}$$

Para el cálculo de la alimentación del operador, se tiene en consideración que el operador efectivamente trabaja 20 días al mes, es la misma cantidad de días a por el concepto de alimentación al mes.

$$\text{Costo Alimentación} = \text{Costo por día} \times 20 \text{ días}$$

Entonces.

$$\text{Costo Alimentación} = 8.35 \times 20 \text{ días} = 167.1 \text{ US\$/mes}$$

Para el cálculo del costo de mano de obra del operador y alimentación por camión se tiene en consideración 3 operadores por camión. Por lo tanto el costo por camión al mes es como sigue.

$$\text{Costo MO camión} = \left(898.4 \frac{\text{US\$}}{\text{mes}} + 167.1 \frac{\text{US\$}}{\text{mes}} \right) \times 3 = 3\,196.65 \text{ US\$/mes}$$

Teniendo el costo mensual del operador de camión, se construye la tabla 37.

Tabla 37: Costo de mano de obra del operador

Partidas	Año 01	Año 02	Año 03
Costo de mano de obra (US\$/mes)	3 197	3 197	3 197
Cantidad de meses	12	12	10
Costo de mano de obra (US\$)	38 360	38 360	31 966

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.7. Costo de seguros del camión

El costo del seguro representa el 3 % de la inversión media anual entre la vida útil económica, el mismo que se calcula con la siguiente fórmula.

$$S = IMA \left(\frac{\%S}{Ve} \right)$$

S = Seguros del camión

IMA = Inversión media anual

$$IMA = \frac{P(n + 1) + Vs(n - 1)}{2n}$$

Ve = Vida útil económica en años

%Si = Tasa de seguro

$$IMA = \left(\frac{215\,500 \text{ US\$} \times (5 + 1) + (215\,500 \text{ US\$} \times 20 \% \times (5 - 1))}{2 \times 5} \right) = 146\,540 \text{ US\$}$$

Reemplazando la fórmula para el cálculo de seguros.

$$S = 146\,540 \text{ US\$} \times \left(\frac{3\%}{5 \text{ años}} \right) = 879.24 \text{ US\$}$$

Anualmente el seguro es de 879.24 US\$, tabla 38.

Tabla 38: Costo de seguros del camión nuevo

Ítem	Año 01	Año 02	Año 03
Costo de seguros (US\$)	879	879	879

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 39, se resumen la proyección de costo de operación del camión nuevo (OPEX).

Tabla 39: Costo total de camión nuevo

Costo de camión nuevo	Año 1	Año 2	Año 3
Combustible US\$	45 264	52 258	38 628
Lubricantes US\$	5 884	6 794	5 022
Neumáticos US\$	17 123	19 455	14 155
Reparación US\$	21 341	24 247	17 642
Materiales Varios US\$	1 601	1 818	1 323
Mano de obra - Operador US\$	38 360	38 360	31 966
Seguros US\$	879	879	879
Costo total US\$	130 452	143 811	109 615

Fuente: Elaboración propia

4.3.4. CONSTRUCCIÓN DE FLUJO DE CAJA ECONÓMICA Y FINANCIERA DE LOS CAMIONES NUEVOS

4.3.4.1. Flujo de caja económico camiones nuevos

Para la evaluación económica de los camiones nuevos es necesario elaborar el estado de resultados, cuya finalidad es saber los impuestos y la utilidad operativa. Para ello se tiene los siguientes supuestos.

Supuestos para camiones nuevos:

- Número de equipos : 11 Unidades
- Valor de adquisición : 215 500 US\$

Valor total de adquisición por lo 11 camiones es de 2 370 500 US\$.

- Tiempo de depreciación : 5 años
- Depreciación anual

El camión nuevo, anualmente se deprecia el 20 % del valor total a depreciar, el mismo que se estima como sigue.

$$D = \frac{(P - Vr)}{n}$$

$$D = \frac{(215\,500\text{ US\$} - (215\,500 \times 20\%))}{5} = 34\,480 \frac{\text{US\$}}{\text{año}}$$

La depreciación anual de los 11 camiones es 379 280 US\$ por año.

- Valor salvamento

Como la evaluación se realiza para tres años, entonces el cálculo del salvamento es para el año tres.

$$Vsx = P - x\left(\frac{(P - Vs)}{n}\right)|1$$

$$Vsx = (215\,500\text{ US\$}) - 3\left(\frac{(215\,500\text{ US\$} - (215\,500\text{ US\$} * 20\%))}{5}\right) = 112\,600\text{ US\$}$$

112 600 US\$ es el valor residual de un camión, si consideramos el total de camiones que son 11, el valor de salvamento es 1 232 660 US\$.

- Costo de operación – OPEX : Año a año, proyectado en la tabla 39, para el estado de resultados se considera 11 camiones nuevos.

Supuestos para camiones Actuales:

- Valor residual : 20 %

Calculo del salvamento o valor residual del equipo.

$$Vsx = P - x\left(\frac{(P - Vs)}{n}\right)$$

$$V_{sx} = (195\,000\text{ US\$}) - 5 \left(\frac{(195\,000\text{ US\$} - (195\,000\text{ US\$} * 20\%))}{5} \right) = 39\,000\text{ US\$}$$

39 000 US\$ es el valor residual de un camión, si consideramos el total de camiones que son 13, el valor residual es 507 000 US\$.

Tabla 40: Estado de resultado de camiones nuevos

Estado de resultados CON Proyecto (US\$)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ventas	-	-	-	-
OPEX	-	-1 434 975	-1 581 918	-1 205 764
Utilidad bruta	-	-1 434 975	-1 581 918	-1 205 764
Gastos administrativos	-	-	-	-
Gastos generales	-	-	-	-
Otros ingresos - venta de activo actual	507 000	-	-	-
Otros Ingresos - valor en libros	-	-	-	1 232 660
Utilidad bruta EBITDA	507 000	-1 434 975	-1 581 918	26 896
Depreciación	-	-379 280	-379 280	-379 280
Amortización	-	-	-	-
Utilidad antes de los impuestos - EBIT	507 000	-1 814 255	-1 961 198	-352 384
Impuesto a la renta IR	-149 565	535 205	578 554	103 953
Utilidad Neta – NOPAT	357 435	-1 279 050	-1 382 645	-248 431

Fuente: Elaboración propia

Para proyectar el flujo de caja económico, se elabora la tabla 41, donde están los ingresos y egresos, del flujo de efectivo, no se considera la depreciación porque no es flujo de efectivo.

Tabla 41: Flujo de caja económico de los camiones nuevos

Flujo de caja económico CON proyecto (US\$)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos	507 000	-	-	1 232 660
Ventas	-	-	-	-
Otros Ingresos - Venta de Activo Actual	507 000	-	-	-
Otros Ingresos - Valor en Libros	-	-	-	1 232 660
Egresos	2 520 065	899 770	1 003 365	1 101 811
OPEX	-	1 434 975	1 581 918	1 205 764
IR	149 565	-535 205	-578 554	-103 953
CAPEX	2 370 500	-	-	-
Flujo de caja	-2 013 065	-899 770	-1 003 365	130 849

Fuente: Elaboración propia

4.3.4.2. Flujo de caja financiero de camiones nuevos

Seguidamente se presenta el flujo de caja financiero de los camiones nuevos (tabla 43), cuya estimación se basa en agregar al flujo de caja económico el flujo de la deuda.

Para el presente trabajo se tuvo en consideración el 50 % de la inversión financiado por una entidad financiera (monto financiado por los 11 camiones es de 1, 185 250 US\$), en un período a pagar de 3 años y con una tasa de interés de 15 %. El otro 50 % como aporte de la empresa. Al tener un financiamiento es necesario calcular el flujo del financiamiento que es como sigue:

- *Amortización e interés de la deuda o cuota anual.*

El pago anual incluye la amortización e interés de la deuda; para ello se tiene.

$$Pago\ anual = a = C \frac{(1 + i)^n \times i}{(1 + i)^n - 1}$$

$$Pago\ anual = a = 1\ 185\ 250 \frac{(1 + 0.15)^3 \times 0.15}{(1 + 0.15)^3 - 1} = 519\ 112\ US\$$$

La cuota o pago anual a la entidad financiera es de 519,112 US\$, los cuales se desglosan en la amortización de la deuda e interés; en la tabla 42 se presenta las amortizaciones e intereses por un período de 3 años.

Tabla 42: Pago anual de la deuda

Pago anual (US\$)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingreso por Préstamo	1 185 250	-	-	-
Pago anual		519 112	519 112	519 112
Amortización de deuda	-	341 325	392 523	451 402
Interés	-	177 788	126 589	67 710

Fuente: Elaboración propia

Por la deuda adquirida se genera un ahorro tributario (escudo fiscal) que es igual al impuesto a la renta del interés.

$$\text{Escudo fiscal} = \text{Interés} \times (29.5 \%)$$

Por lo tanto el flujo efectivo de la deuda se presenta en la tabla 43.

Tabla 43: Flujo de financiamiento

Flujo del financiamiento (US\$)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingreso por Préstamo	1 185 250	-	-	-
<i>Amortización de deuda</i>	-	341 325	392 523	451 402
<i>Interés</i>	-	177 788	126 589	67 710
<i>Escudo fiscal</i>	-	-52 447	-37 344	-19 975
Flujo del financiamiento anual	1 185 250	466 665	481 768	499 138

Fuente: Elaboración propia

Determinado los datos necesarios, se construye el flujo de caja financiero o caja del accionista tabla 44.

$$\text{Flujo Caja Accionista} = \text{Flujo Caja libre} + \text{Flujo de financiamiento}$$

Tabla 44: Flujo de caja financiero de los camiones nuevos

Flujo de caja Financiero CON proyecto (US\$)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Flujo de caja económico CON proyecto	-2 013 065	-899 770	-1 003 365	130 849
Flujo de la deuda	1 185 250	-466 665	-481 768	-499 138
Ingreso por Préstamo	1 185 250	-	-	-
Egresos	-	466 665	481 768	499 138
<i>Amortización de deuda</i>		341 325	392 523	451 402
<i>Interés</i>		177 788	126 589	67 710
<i>Escudo fiscal</i>		-52 447	-37 344	-19 975
Flujo de caja Financiero	-827 815	-1 366 435	-1 485 133	-368 288

Fuente: Elaboración propia

4.3.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA-FINANCIERA DE LOS CAMIONES NUEVOS

Evaluación económica de camiones nuevos

- *Promedio ponderado del costo de capital (WACC)*

El interés del préstamo es de 15 % y el costo de oportunidad 9 % (está determinado en el anexo I), con lo cual se estima el WACC.

$$WACC = K_a \frac{I_a}{I_a + D} + K_d(1 - T) \frac{D}{I_a + D}$$

$$WACC = 9 \% \frac{1\ 185\ 250\ US\$}{(2\ 370\ 500\ US\$)} + 15 \%(1 - 29.5 \%) \frac{1\ 185\ 250\ US\$}{2\ 370\ 500\ US\$} = 9.79 \%$$

- **Valor presente neto (VAN)**

$$VAN = \frac{B_1}{(1 + i)^1} + \frac{B_2}{(1 + i)^2} + \frac{B_3}{(1 + i)^3} + \dots \dots \dots \frac{B_n}{(1 + i)^n} - I_o$$

$$VAN = \frac{-899\ 770}{(1 + 0.097)^1} + \frac{-1\ 003\ 365}{(1 + 0.097)^2} + \frac{130\ 849}{(1 + 0.097)^3} + (-2\ 013\ 065) = -3\ 566\ 180\ US\$$$

- **Beneficio/Costo (B/C)**

$$B/C = \frac{\sum \frac{B_t}{(1 + i)^n}}{\sum \frac{C_t}{(1 + i)^n}}$$

$$B/C = \frac{\frac{0}{(1 + 0.097)^1} + \frac{0}{(1 + 0.097)^2} + \frac{1\ 232\ 660}{(1 + 0.097)^3} + 507\ 000}{\frac{899\ 770}{(1 + 0.097)^1} + \frac{1\ 003\ 365}{(1 + 0.097)^2} + \frac{1\ 101\ 811}{(1 + 0.097)^3} + 2\ 520\ 065} = \frac{1\ 438\ 504}{5\ 004\ 684} = 0.29$$

Evaluación financiera de camiones nuevos

- **Costo de oportunidad COK**

El costo de oportunidad es de 9 %.

- **Valor presente neto (VAN)**

$$VAN = \frac{B_1}{(1 + i)^1} + \frac{B_2}{(1 + i)^2} + \frac{B_3}{(1 + i)^3} + \dots \dots \dots \frac{B_n}{(1 + i)^n} - I_o$$

$$VAN = \frac{-1\ 366\ 435}{(1 + 0.09)^1} + \frac{-1\ 485\ 133}{(1 + 0.09)^2} + \frac{-368\ 288}{(1 + 0.09)^3} + (-827\ 815) = -3\ 615\ 818\ US\$$$

- *Beneficio/Costo (B/C)*

$$B/C = \frac{\sum \frac{Bt}{(1+i)^n}}{\sum \frac{Ct}{(1+i)^n}}$$

$$B/C = \frac{\frac{0}{(1+0.097)^1} + \frac{0}{(1+0.097)^2} + \frac{1\,232\,660}{(1+0.097)^3} + 507\,000}{\frac{899\,770}{(1+0.097)^1} + \frac{1\,003\,365}{(1+0.097)^2} + \frac{1\,101\,811}{(1+0.097)^3} + 2\,520\,065} = \frac{1\,438\,504}{5\,004\,684} = 0.29$$

4.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL REEMPLAZO DE CAMIONES

Con la evaluación económica se busca la rentabilidad del proyecto, para ello es necesario elaborar el flujo de caja económico incremental que es igual al flujo de caja económico de camiones nuevos y flujo de caja económico de camiones actuales.

$$\text{Flujo de caja Diferencial} = \text{Flujo de caja con proyeco} - \text{Flujo de caja sin proyeco}$$

Tabla 45: Flujo de caja incremental económico

Flujo de caja incremental económico (US\$)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Flujo de caja económico CON proyecto	-2 013 065	-899 770	-1 003 365	130 849
Flujo de caja económico SIN proyecto	-	-1 638 258	-1 879 762	-1 015 482
Flujo de caja incremental	-2 013 065	738 488	876 397	1 146 331
WACC	9.79 %			
VAN	252 955 US\$			
TIR	16.26 %			

Fuente: Elaboración propia

Para la evaluación económica se necesita calcular el costo promedio ponderado del capital (WACC), Valor presente neto y la tasa interna de retorno.

- *Promedio ponderado del costo de capital (WACC)*

$$WACC = K_a \frac{I_a}{I_a + D} + K_d(1 - T) \frac{D}{I_a + D}$$

$$WACC = 9\% \frac{1\,185\,250\,US\$}{(2\,370\,500\,US\$)} + 15\%(1 - 29.5\%) \frac{1\,185\,250\,US\$}{2\,370\,500\,US\$} = 9.79\%$$

- **Valor presente neto (VAN)**

$$VAN = \frac{B1}{(1+i)^1} + \frac{B2}{(1+i)^2} + \frac{B3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{Bn}{(1+i)^n} - I_0$$

$$VAN = \frac{738\,488}{(1+0.0979)^1} + \frac{876\,397}{(1+0.0979)^2} + \frac{1\,146\,331}{(1+0.0979)^3} + (-2\,013\,065) = 252\,955 \text{ US\$}$$

- **Tasa interna de retorno (TIR)**

$$VAN = \frac{B1}{(1+TIR)^1} + \frac{B2}{(1+TIR)^2} + \frac{B3}{(1+TIR)^3} + \dots + \frac{Bn}{(1+TIR)^n} - I_0 = 0$$

$$0 = \frac{738\,488}{(1+TIR)^1} + \frac{876\,397}{(1+TIR)^2} + \frac{1\,146\,331}{(1+TIR)^3} + (-2\,013\,065) = 16.26 \%$$

Con la ayuda de software Excel, la TIR es 16.26 %

- **Beneficio/Costo (B/C)**

Este indicador precisa que la relación B/C debe ser mayor a 1 para recomendar la ejecución del proyecto, pero también menciona que si son proyectos mutuamente excluyentes recomienda tomar la alternativa con el resultado mayor.

Esta relación, Con proyecto resulta 0.29 y sin proyecto es 0.09, por lo tanto se elige el resultado mayor (0.29), que indica ejecutar el reemplazo de camiones.

4.5. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL REEMPLAZO DE CAMIONES

Con la evaluación financiera se busca la rentabilidad del proyecto, desde el punto de vista del accionista (empresa), para ello es necesario elaborar el flujo de caja financiero incremental que es igual al flujo de caja financiero de camiones nuevos y flujo de caja financiero de camiones actuales.

$$\text{Flujo de caja Diferencial} = \text{Flujo de caja con proyeco} - \text{Flujo de caja sin proyecto}$$

Tabla 46: Flujo de caja incremental financiero

Flujo de caja incremental financiero (US\$)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Flujo de caja Financiero CON proyecto	-827 815	-1 366 435	-1 485 133	-368 288
Flujo de caja Financiero SIN proyecto	-	-1 638 258	-1 879 762	-1 015 482
Flujo de caja incremental	-827 815	271 823	394 629	647 194
Costo de Oportunidad	9.00%			
VAN	253 468 US\$			
TIR	23.13%			

Fuente: Elaboración propia

Para la evaluación financiera, el costo de oportunidad de la empresa se considera el 9%, y con ello se estima el valor presente neto y la tasa interna de retorno.

- **Valor presente neto (VAN)**

$$VAN = \frac{B1}{(1+i)^1} + \frac{B2}{(1+i)^2} + \frac{B3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{Bn}{(1+i)^n} - I_0$$

$$VAN = \frac{271\,823}{(1+0.09)^1} + \frac{394\,629}{(1+0.09)^2} + \frac{647\,194}{(1+0.09)^3} + (-827\,815) = 253\,468\text{ US\$}$$

- **Tasa interna de retorno (TIR)**

$$VAN = \frac{B1}{(1+TIR)^1} + \frac{B2}{(1+TIR)^2} + \frac{B3}{(1+TIR)^3} + \dots + \frac{Bn}{(1+TIR)^n} - I_0 = 0$$

$$0 = \frac{271\,823}{(1+TIR)^1} + \frac{394\,629}{(1+TIR)^2} + \frac{647\,194}{(1+TIR)^3} + (-827\,815) = 23.13\%$$

Con la ayuda de software Excel, la TIR es 23.13 %

- **Beneficio/Costo (B/C)**

Los resultados de este indicador tienen una variación en milésimas respecto a la evaluación económica. Siendo los resultados de 0.29 con proyecto y sin proyecto 0.09, por lo tanto se elige el resultado mayor (0.29), por lo tanto financieramente recomienda reemplazar camiones

4.6. ANÁLISIS DE REEMPLAZO DE CAMIONES

El interés de una empresa privada es generar beneficios y que si estos son mayores es mejor para la empresa, por tanto el análisis del reemplazo de equipos es en base al flujo

de caja incremental del accionista o financiero, del cual se tiene los siguientes indicadores de evaluación:

- Se tiene un **VAN de 253 468 US\$**, el VAN es positivo entonces se acepta ejecutar el proyecto.
- La **TIR es de 23.13 %**, esto es superior al WACC y al costo de oportunidad, lo cual quiere decir que también se acepta el proyecto

En términos generales se acepta el proyecto, es decir se reemplaza los 13 camiones que se tiene por 11 camiones nuevos de iguales condiciones.

4.7. PROYECCIÓN DE COSTOS Y FLUJO DE CAJA ECONÓMICA-FINANCIERA DE CAMIONES ACTUALES PARA 5 AÑOS

La proyección de costo y otros ítems es similar al realizado en la proyección de costo para el horizonte de evaluación de 3 años, solo que para esta vez se considera como horizonte de evaluación 5 años.

El estado de resultados es como sigue en la tabla 47.

Tabla 47: Estado de resultados para un horizonte de evaluación de 5 años

Estado de resultados SIN proyecto (US\$)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas	-	-	-	-	-
OPEX	-2 323 770	-2 666 330	-2 432 165	-2 649 587	-2 462 960
Utilidad bruta	-2 323 770	-2 666 330	-2 432 165	-2 649 587	-2 462 960
Gastos administrativos	-	-	-	-	-
Gastos generales	-	-	-	-	-
Otros ingresos - valor Residual equipo actual	-	-	-	-	507 000
Otros ingresos - valor residual equipo nuevo	-	-	-	-	-
Utilidad bruta EBITDA	-2 323 770	-2 666 330	-2 432 165	-2 649 587	-1 955 960
Depreciación	-	-	-	-	-
Amortización	-	-	-	-	-
Utilidad bruta EBIT	-2 323 770	-2 666 330	-2 432 165	-2 649 587	-1 955 960
Impuesto a la renta IR	685 512	786 567	717 489	781 628	577 008
Utilidad neta	-1 638 258	-1 879 762	-1 714 676	-1 867 959	-1 378 951

Fuente: Elaboración propia

En base al estado de resultado se elabora el flujo de caja económico de los equipos actuales para un horizonte de 5 años.

Tabla 48: Flujo de caja económico para 5 años

Flujo de caja económico SIN proyecto (US\$)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos	-	-	-	-	507 000
Ventas	-	-	-	-	-
Otros ingresos - valor Residual equipo actual	-	-	-	-	507 000
Otros ingresos - valor residual equipo nuevo	-	-	-	-	-
Egresos	1 638 258	1 879 762	1 714 676	1 867 959	1 885 951
OPEX	2 323 770	2 666 330	2 432 165	2 649 587	2 462 960
IR	-685 512	-786 567	-717 489	-781 628	-577 008
CAPEX	-	-	-	-	-
Flujo de caja	-1 638 258	-1 879 762	-1 714 676	-1 867 959	-1 378 951

Fuente: Elaboración propia

Al continuar las operaciones con los equipos actuales no se incurre en inversión alguna, por lo tanto el flujo de caja económico es igual al flujo de caja financiero.

4.8. PROYECCIÓN DE COSTOS Y FLUJO DE CAJA ECONÓMICA-FINANCIERA DE CAMIONES NUEVOS PARA 5 AÑOS

La proyección de costo y otros ítems es similar al realizado en la proyección de costo para el horizonte de evaluación de 3 años, solo que para esta vez se considera como horizonte de evaluación 5 años.

El estado de resultados es como sigue en la tabla 49.

Tabla 49: Estado de resultados para 5 años camiones nuevos

Estado de resultados CON Proyecto (US\$)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas	-	-	-	-	-	-
OPEX	-	-1 434 975	-1 581 918	-1 483 690	-1 620 438	-1 534 870
Utilidad bruta	-	-1 434 975	-1 581 918	-1 483 690	-1 620 438	-1 534 870
Gastos administrativos	-	-	-	-	-	-
Gastos generales	-	-	-	-	-	-
Otros ingresos - valor Residual equipo actual	507 000	-	-	-	-	-
Otros ingresos - valor residual equipo nuevo	-	-	-	-	-	474 100
Utilidad bruta EBITDA	507 000	-1 434 975	-1 581 918	-1 483 690	-1 620 438	-1 060 770
Depreciación	-	-379 280	-379 280	-379 280	-379 280	-379 280
Amortización	-	-	-	-	-	-
Utilidad antes de los impuestos - EBIT	507 000	-1 814 255	-1 961 198	-1 862 970	-1 999 718	-1 440 050
Impuesto a la renta IR	-149 565	535 205	578 554	549 576	589 917	424 815
Utilidad neta - NOPAT	357 435	-1 279 050	-1 382 645	-1 313 394	-1 409 801	-1 015 235

Fuente: Elaboración propia

En base al estado de resultado se construye el flujo de caja económico del proyecto.

Tabla 50: Flujo de caja económico para 5 años.

Flujo de caja económico CON proyecto (US\$)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos	507 000	-	-	-	-	474 100
Ventas	-	-	-	-	-	-
Otros ingresos - valor Residual equipo actual	507 000	-	-	-	-	-
Otros ingresos - valor residual equipo nuevo	-	-	-	-	-	474 100
Egresos	2 520 065	899 770	1 003 365	934 114	1 030 521	1 110 055
OPEX	-	1 434 975	1 581 918	1 483 690	1 620 438	1 534 870
IR	149 565	-535 205	-578 554	-549 576	-589 917	-424 815
CAPEX	2 370 500	-	-	-	-	-
Flujo de caja	-2 013 065	-899 770	-1 003 365	-934 114	-1 030 521	-635 955

Fuente: Elaboración propia

Para la elaboración del flujo de caja financiera se agrega al flujo caja económica el flujo del financiamiento.

Tabla 51: Flujo de caja financiero para 5 años.

Flujo de caja Financiero CON proyecto (US\$)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo de caja económico CON proyecto	-2 013 065	-899 770	-1 003 365	-934 114	-1 030 521	-635 955
Flujo de la deuda	1 185 250	-301 131	-308 910	-317 856	-328 143	-339 973
Ingreso por préstamo	1 185 250	-	-	-	-	-
Egresos	-	301 131	308 910	317 856	328 143	339 973
<i>Amortización de deuda</i>		<i>175 791</i>	<i>202 160</i>	<i>232 484</i>	<i>267 356</i>	<i>307 460</i>
<i>Interés</i>		<i>177 788</i>	<i>151 419</i>	<i>121 095</i>	<i>86 222</i>	<i>46 119</i>
<i>Escudo fiscal</i>		<i>-52 447</i>	<i>-44 669</i>	<i>-35 723</i>	<i>-25 436</i>	<i>-13 605</i>
Flujo de caja financiero	-827 815	-1 200 901	-1 312 275	-1 251 970	-1 358 664	-975 929

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se construye el flujo de caja diferencial = flujo de caja financiero de los camiones actuales menos flujo de caja financiero de los camiones nuevos.

Tabla 52: Flujo de caja incremental financiero

Flujo de caja incremental (US\$)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo de caja Financiero CON proyecto	-827 815	-1 200 901	-1 312 275	-1 251 970	-1 358 664	-975 929
Flujo de caja Financiero SIN proyecto	-	-1 638 258	-1 879 762	-1 714 676	-1 867 959	-1 378 951
Flujo de caja incremental	-827 815	437 357	567 487	462 707	509 295	403 023
Costo de Oportunidad	9.00%					
VAN	1 031 101 US\$					
TIR	50.54%					

Fuente: Elaboración propia

4.9. ANÁLISIS DE REEMPLAZO DE CAMIONES A 5 AÑOS

De la proyección de flujo de caja incrementa para 5 años se puede definir lo siguiente:

- Se tiene un VAN de 1 031 101 US\$, el VAN es positivo entonces se acepta ejecutar el proyecto.

- La TIR es de 50.54 %, esto es superior al WACC y al costo de oportunidad, lo cual quiere decir que también se acepta el proyecto

En términos generales se acepta el proyecto, es decir se reemplaza los 13 camiones que se tiene por 11 camiones nuevos de iguales condiciones.

Según concluye Preciado (2001), en su tesis de maestría titulada, *diseño y aplicación de un modelo económico para la toma de decisiones en reemplazo de equipo de acarreo en una mina a cielo abierto*. El resultado del análisis de reemplazo por el método del valor presente, con horizonte de evaluación igual, concluye reemplazar 11 camiones R-130 por 9 Camiones R-120, el VAN informa que el accionista tendrá una ganancia neta de US\$ 2 940 652, tasa interna de retorno de 74,43 %. El resultado del presente trabajo de investigación, donde también se aplicó el método del valor presente neto para el análisis de reemplazo de camiones, determina que es factible el reemplazo del camión actual por uno nuevo con característica iguales, la ejecución del reemplazo genera un VAN de 253 468 US\$, con una TIR de 23.13 %, por tanto si genera beneficios para la empresa.

Según los resultados de Estrada (2004), en su Tesis de maestría titulada, *evaluación económica del proyecto sustitución de equipos de perforación en la cuenca de burgos*, para obtener el grado de maestro en ciencias de la administración con especialidad en finanzas, Presentado en la Universidad Autónoma de Nuevo León, en la cual menciona que para evaluar proyectos mutuamente excluyentes con períodos de evaluación iguales es mejor aplicar el método del VAN y TIR. Esto es corroborado en el presente trabajo.

CONCLUSIONES

Conclusión general

Con el estudio se concluye que la metodología adecuada para determinar el reemplazo de camiones de acarreo, es la metodología del valor actual neto, con ello se llegó a los siguientes resultados: Evaluación económica, VAN de US\$ 252 955 y una TIR de 16.26 % y la evaluación financiera, VAN de US\$ 253 468 y una TIR de 23.13 %, con esto se concluye que es factible ejecutar el reemplazo de camiones y esto a su vez incrementa el flujo de caja de la unidad minera Corihuarmi.

Conclusiones parciales

a) Los indicadores de mantenimiento que reportan sobre el incremento de los costos de operación son: Costo hora del camión, que se incrementó de 29.45 US\$/h en el primer año de operación a 36.53 US\$/h en el quinto año de operación, incrementándose en 24.04 %, donde las partida con mayor incremento es de repuestos, que se incrementó de 0.95 US\$/h en el primer año de operación a 5.86 US\$/h en el quinto año de operación; así mismo la disponibilidad mecánica es un indicador que informa que el camión tiene mayor permanencia en talleres (95.6 % DM a 96.2 % DM), el rendimiento es otro indicador que informa los bajos rendimientos (98.75 TM/h a 78.42 TM/h).

b) Para una adecuada estimación de costos operativos de los camiones actuales se optó por la aplicación de la recta de regresión lineal, con lo cual se concluye que la recta de regresión lineal es $Y = 1.864t + 27.364$ con coeficiente de determinación de 0.987. Aplicando la regresión lineal, los costos de operar con los 13 camiones actuales son US\$ 2 323 770, US\$ 2 666 330 y US\$ 1 947 400 en los años de evaluación 1, 2 y 3 respectivamente. Y el flujo de caja financiero de los camiones actuales es de US\$ 0, US\$ -1 638 258, US\$ -1 879 762 y US\$ -1 015 482 en los años de evaluación 0, 1, 2 y 3.

c) La base teórica es la mejor opción para estimar los costos de operación de los camiones nuevos, con esto se concluye que los costos de operación de los camiones nuevos son US\$ 1 434 975, US\$ 1 581 918 y US\$ 1 205 764, en los años de evaluación 1, 2 y 3. Y el flujo de caja financiero de los camiones nuevos es de US\$ - 827 815, US\$ -1 366 438, US\$ -1 485 133 y US\$ -1 368 288 en los períodos de evaluación 0, 1, 2 y 3 respectivamente.

d) Para definir el reemplazo de los camiones se recurrió al flujo de caja incremental financiero donde se tiene: US\$ -827 815, US\$ 271 823, US\$ 394 629 y US\$ 647 194 en los años 0, 1, 2 y 3 de evaluación. Con lo cual se tiene: VAN (253 468 US\$) y TIR (23.13 %).

RECOMENDACIONES

Recomendación general

En base a los resultados del estudio, se recomienda aplicar la metodología del valor presente neto ya que este método da a conocer el flujo efectivo proyectado en el horizonte de evaluación y para la toma de decisiones, se recomienda basarse en base a los resultados de la evaluación financiera.

Recomendaciones parciales

a) Así mismo se recomienda analizar constantemente los indicadores de mantenimiento, especialmente el costo horario de los camiones ya que con el pasar de los años los costos se incrementan paulatinamente; y esto extenderlos a otros activos de la minera.

b) Para la proyección de costos de los equipos actuales se recomienda la función de regresión lineal con un coeficiente de determinación cercano a 1. El uso de una regresión lineal se puede extender para la elaboración de presupuestos.

c) Para la proyección de costos de los equipos nuevos es recomendable tener en cuenta la base teórica y referencias de operaciones con equipos similares.

d) Para determinar el reemplazo de equipos se recomienda hacer un flujo de caja diferencial y ello calcular el VAN y TIR y la evaluación se debe realizar teniendo en cuenta los intereses de la empresa, es decir, hacer evaluaciones del punto de vista financiero.

REFERENCIAS

- Barrientos, V. (2015). Reemplazo de flotas de camiones mineros, 53–58. Retrieved from <http://es.slideshare.net/victorbarrientos75/reemplazo-de-camiones-mineros>
- Blank, L., & Tarquin, A. (2006). *Ingeniería Económica* (6 ta Edici). Mexico.
- Caterpillar. (2009). *Manual de Rendimiento*. Illinois.
- Chu, R. (2013). *Fundamentos de finanzas: un enfoque peruano* (Octava). Lima.
- CossBu, R. (1995). *Análisis y evaluación de proyectos de inversión*.
- Currie, M. (2009). *Guide to Mobile Equipment Life Cycle Costing*. O.G. Currie y Company.
- Estrada, M. (2004). *Equipos de Perforación en la cuenca de Burgos, evaluación económica del proyecto sustitución*. Universidad Autónoma de Nuevo León. Retrieved from <http://eprints.uanl.mx/5497/1/1020150030.PDF>
- García, J. (2008). *Evaluación Económica Financiera y Social ¿ Cuáles son sus diferencias ?*, 4(1), 77–82.
- Government Procurement Branch. (2013). *Total Cost of Ownership An introduction to whole-of-life costing*. Wellington.
- Gransberg, D. D., & O'Connor, E. P. (2015). *Major Equipment Life-cycle Cost Analysis*, (Abril). Retrieved from <http://www.dot.state.mn.us/research/TS/2015/201516.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta). México: McGRAW-HILL. Retrieved from [https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia de la investigación 5ta Edición.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia_de_la_investigacion_5ta_Edicion.pdf)
- Hussan, A. (2015). *Reliability and Life Cycle Cost Modelling of Mining Drilling Rigs*. <http://doi.org/10.13140/RG.2.1.1667.8243>
- Levin, R., & Rubin, D. (2004). *Estadística para administración y economía* (Séptima). México: Pearson Educación de México.
- Lira, B. (2013). *Evaluación de proyectos de inversión* (Primera). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Maza, V. C. (1999). *Modelo para el cálculo de la tarifa en equipos de transporte*, 33–41.
- Mcafee, R. P., Lewis, T., & Dale, D. J. (2005). *Introduction to Economic Analysis*. California: California Institute of Technology. Retrieved from <https://www.muhenberg.edu/media/contentassets/pdf/economicanalysis/IEA.pdf>
- Mendoza, J. (2013). *Selección y reemplazo de equipos de transporte en la minera Anabi S.A.C*. Universidad Nacional del Altiplano - Puno.
- Ministerio de construcción. (2010). *Elementos para la determinación del costo horario de los equipos y la maquinaria del sector construcción*. Lima.

- Ministerio de planificación. (2005). Metodología de preparación y evaluación de proyectos de reemplazo de equipos. Santiago de Chile. Retrieved from <http://sitio.gorebiobio.cl/wp-content/uploads/2015/05/Metodologia-reemplazo-de-equipos.pdf>
- Okano, K. (2001). Life cycle costing - An approach to life cycle cost management : A consideration from historical development, 6(3), 317–341.
- Preciado, J. (2001). Diseño Y Aplicacion De Un Modelo Economico Para La Toma De Decisiones En Reemplazo De Equipo De Acarreo En Una Mina A Cielo Abierto. Universidad de Colima. Retrieved from http://digeset.uco.l.mx/tesis_posgrado/Pdf/Jose Antonio Preciado Hernandez.pdf?
- Ramirez, V. (2007). Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión. Retrieved from <https://onedrive.live.com/redir?resid=2FAB75B38A56A1BA!1046&authkey=!AMpvZARyctxCTrc&ithint=folder,.pdf>
- Rosas, E. (2011). Aplicación de un modelo económico para la toma de decisiones en reemplazar el equipo de carguío en la mina Tucari. Universidad Nacional del Altiplano - Puno.
- Sapag, N. (2004). Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa (Primera Ed). Argentina.
- Sapag, N., Sapag, R., & Sapag, M. (2014). Preparación y Evaluación de Proyectos (Sexta). Mexico: Mc Graw Hill.

ANEXOS

Anexo A

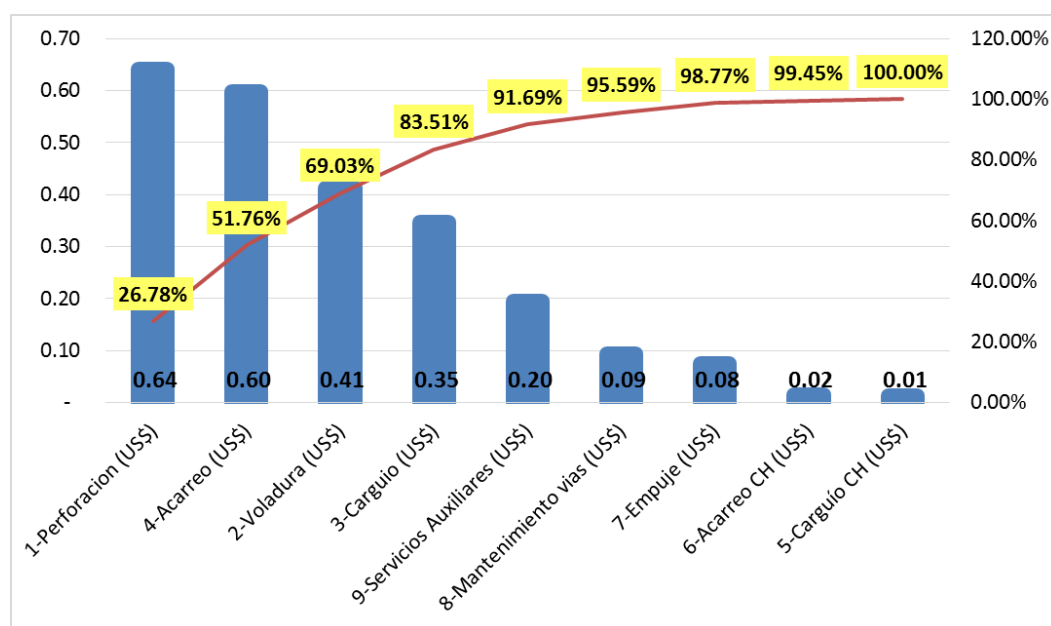
PRODUCCIÓN Y COSTOS HISTÓRICOS

Tabla A.1: Producción de mineral y evolución de costos de operaciones mina

Produc. Material Total (TM)	2 337 969	2 577 868	2 662 218	2 951 647	3 267 695	13 797 397
Costo de la operación unitarias (US\$)	Año 01	Año 02	Año 03	Año 04	Año 05	Total general
1-Perforacion (US\$)	1 656 080	1 789 556	1 829 424	1 813 700	1 751 110	8 839 870
4-Acarreo (US\$)	1 339 880	1 527 349	1 572 554	1 786 528	2 019 708	8 246 019
2-Voladura (US\$)	1 023 185	1 145 581	1 204 294	1 091 778	1 233 472	5 698 310
3-Carguio (US\$)	897 037	943 730	982 009	969 312	986 753	4 778 841
9-Servicios Auxiliares (US\$)	509 649	521 011	572 356	551 374	547 278	2 701 668
8-Mantenimiento vias (US\$)	221 838	231 768	244 579	243 874	346 382	1 288 441
7-Empuje (US\$)	179 016	193 664	201 725	202 074	271 929	1 048 409
6-Acarreo CH (US\$)	41 275	40 353	47 387	47 573	46 951	223 539
5-Carguío CH (US\$)	35 460	28 932	38 211	38 279	41 515	182 396
Total Anual (US\$)	5 903 419	6 421 944	6 692 539	6 744 492	7 245 098	33 007 493
Costo Unitario Prod. Min - Desm (US\$/TM)	2.525	2.491	2.514	2.285	2.217	2.392
Costo Unitario Acarreo (US\$/TM)	0.57	0.59	0.59	0.61	0.62	0.60
Incidencia del costo Prod. Min - Desm (%)	22.70%	23.78%	23.50%	26.49%	27.88%	24.98%

Fuente: Elaboración propia con información de planeamiento

Figura A.1: Pareto del costo de operaciones mina



Fuente: Elaboración propia con información de planeamiento

Anexo B

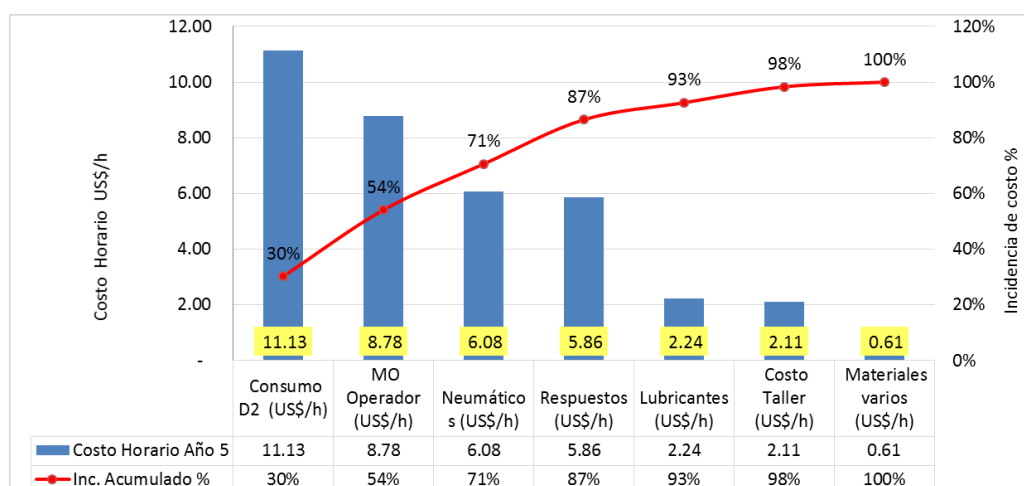
COSTOS HISTÓRICOS DE EQUIPOS DE ACARREO

Tabla B.1: Costos históricos de equipos de acarreo de mineral y desmote por partida

Ítems	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total general
Repuestos (US\$/h)	0.95	1.33	2.88	3.89	5.86	3.07
Lubricantes (US\$/h)	1.02	1.14	1.29	1.67	2.24	1.50
Neumáticos (US\$/h)	4.63	5.39	5.65	5.96	6.08	5.56
Materiales varios (US\$/h)	0.51	0.55	0.58	0.64	0.61	0.58
Consumo D2 (US\$/h)	10.70	10.75	11.00	11.63	11.13	11.05
Costo Taller (US\$/h)	1.65	1.70	1.82	1.82	1.82	1.76
MO Operador (US\$/h)	9.99	9.72	9.92	9.47	8.78	9.55
Costo Operación Volquete. (US\$/h)	29.45	30.57	33.14	35.08	36.53	33.07

Fuente: Elaboración propia con información de planeamiento

Figura B.1: Pareto de costos de equipos por partidas



Fuente: Elaboración propia con información de planeamiento

Anexo C

RESERVAS DE MINERAL

Tabla C.1: Reservas Geológicas

Reservas	Mineral (t)	Ley (g/TM)	Au (oz)	Desmorte (TM)	Total de material (TM)	Stripping ratio
Probadas	7 839 050	0.308	77 626	4 692 361	12 531 411	0.60
Probables	6 459 895	0.266	55 180	2 299 611	8 946 395	0.36
Total de reservas	14 298 945	0.289	132 806	6 991 972	8 353 840	0.49

Fuente: Elaboración propia con información de planeamiento

Tabla C.2: Programa de producción con la reservas probadas

Año	Producción anual				Producción diaria				
	Mineral tm	Desmorte tm	Material Total	Stripping ratio	Día x año	Mes x año	Mineral tm	Desmorte tm	Total
Año 1	2,800,000	1,558,833	4,358,833	0.56	350	12	8,000	4,454	12,454
Año 2	2,800,000	2,084,702	4,884,702	0.74	350	12	8,000	5,956	13,956
Año 3	2,239,050	1,048,826	3,287,876	0.47	280	10	8,000	3,747	11,747
Total	7,839,050	4,692,361	12,531,411	0.60					

Fuente: Elaboración propia con información de planeamiento

*En el año 3, la producción se programa hasta el mes 10

*la producción diaria de mineral programado es de 8 000 TM/día y la producción de desmorte varía en función al stripping ratio (desmorte/mineral)

Tabla C.3: Programa de producción considerando reservas probadas y probables

Reservas	Mineral (TM)	Ley (g/TM)	Au (Onz)	Desmorte (TM)	Total de material (TM)	Stripping ratio
Año 1	2 800 000	0.310	27 907	1 558 833	4 358 833	0.56
Año 2	2 800 000	0.308	27 771	2 084 702	4 884 702	0.74
Año 3	2 900 000	0.298	27 794	1 161 693	4 061 693	0.40
Año 4	2 900 000	0.269	25 049	1 392 147	4 292 147	0.48
Año 5	2 898 945	0.261	24 286	794 597	3 693 542	0.27
Total	14 298 945	0.289	132 806	6 991 972	21 290 917	0.49

Fuente: Elaboración propia con información de planeamiento

Anexo D

REGRESIÓN LINEAL DE COSTOS DE EQUIPOS

Tabla D.1: Detalle de costo de repuestos

Año	Horas trabajadas	Costo de repuestos	
		US\$	US\$/h
1	47 442	45 047	0.95
2	49 743	66 042	1.33
3	48 626	140 162	2.88
4	51 173	199 288	3.89
5	55 143	323 335	5.86

Fuente: Elaboración propia con información de planeamiento.

Tabla D.2: Detalle de costo de lubricantes

Año	Horas trabajadas	Costo de lubricantes	
		US\$	US\$/h
1	47 442	48 277	1.02
2	49 743	56 799	1.14
3	48 626	62 677	1.29
4	51 173	85 656	1.67
5	55 143	123 628	2.24

Fuente: Elaboración propia con información de planeamiento.

Tabla D.3: Detalle de costo de neumáticos

Año	Horas trabajadas	Costo de neumáticos	
		US\$	US\$/h
1	47 442	219 726	4.63
2	49 743	268 149	5.39
3	48 626	274 968	5.65
4	51 173	305 166	5.96
5	55 143	335 035	6.08

Fuente: Elaboración propia con información de planeamiento.

Tabla D.5: Detalle de costo de taller

Año	Horas trabajadas	Costo de taller	
		US\$	US\$/h
1	47 442	78 428	1.65
2	49 743	84 556	1.70
3	48 626	88 365	1.82
4	51 173	93 046	1.82
5	55 143	100 349	1.82

Fuente: Elaboración propia con información de planeamiento.

Tabla D.4: Detalle de costo de materiales varios

Año	Horas trabajadas	Costo de materiales varios	
		US\$	US\$/h
1	47 442	23 988	0.51
2	49 743	27 280	0.55
3	48 626	28 114	0.58
4	51 173	32 509	0.64
5	55 143	33 606	0.61

Fuente: Elaboración propia con información de planeamiento.

Tabla D.6: Detalle de costo de combustible

Año	Horas trabajadas	costo de combustible	
		US\$	US\$/h
1	47 442	507 724	10.70
2	49 743	534 531	10.75
3	48 626	534 799	11.00
4	51 173	594 907	11.63
5	55 143	614 005	11.13

Fuente: Elaboración propia con información de planeamiento.

Tabla D.6: Detalle de costo de mano de obra (operador)

Año	Horas trabajadas	Costo de mano de obra	
		US\$	US\$/h
1	47 442	473 877	9.99
2	49 743	483 520	9.72
3	48 626	482 299	9.92
4	51 173	484 649	9.47
5	55 143	484 289	8.78

Fuente: Elaboración propia con información de planeamiento.

Anexo E

COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN DE LAS PARTIDAS DE COSTO

- Calculo del coeficiente de determinación de costo de repuestos:

$$R^2 = 1 - \frac{0.65}{16.01} = 0.96$$

Tabla E.1: Datos para R² de la regresión de repuestos

x	Regresión	y observada	e ² (error)	(y- \bar{y}) ²
1	0.506	0.95	0.20	4.14
2	1.745	1.33	0.17	2.74
3	2.984	2.88	0.01	0.01
4	4.223	3.89	0.11	0.83
5	5.462	5.86	0.16	8.29
		Promedio 2.98	Σ 0.65	Σ 16.01

Fuente: Elaboración propia

- Calculo del coeficiente de determinación de costo de lubricantes:

$$R^2 = 1 - \frac{0.09}{0.98} = 0.90$$

Tabla E.2: Datos para R² de la regresión de lubricantes

x	Regresión	y observada	e ² (error)	(y- \bar{y}) ²
1	0.874	1.02	0.02	0.21
2	1.173	1.14	0.00	0.11
3	1.472	1.29	0.03	0.03
4	1.771	1.67	0.01	0.04
5	2.07	2.24	0.03	0.59
		Promedio 1.47	Σ 0.09	Σ 0.98

Fuente: Elaboración propia

- Calculo del coeficiente de determinación de costo de neumáticos:

$$R^2 = 1 - \frac{0.13}{1.33} = 0.90$$

Tabla E.3: Datos para R² de la regresión de neumáticos

x	Regresión	y observada	e ² (error)	(y- \bar{y}) ²
1	4.854	4.63	0.05	0.83
2	5.199	5.39	0.04	0.02
3	5.544	5.65	0.01	0.01
4	5.889	5.96	0.01	0.18
5	6.234	6.08	0.03	0.28
		Promedio 5.54	Σ 0.13	Σ 1.33

Fuente: Elaboración propia

- **Calculo del coeficiente de determinación de costo de taller:**

$$R^2 = 1 - \frac{0.0049}{0.0253} = 0.81$$

Tabla E.4: Datos para R² de la regresión de costo de taller

x	Regresión	y observada	e ² (error)	(y- \bar{y}) ²
1	1.672	1.65	0.0004	0.0118
2	1.717	1.70	0.0003	0.0038
3	1.762	1.82	0.0031	0.0031
4	1.807	1.82	0.0001	0.0032
5	1.852	1.82	0.0010	0.0034
		Promedio 1.76	Σ 0.0049	Σ 0.0253

Fuente: Elaboración propia

- **Calculo del coeficiente de determinación de materiales varios:**

$$R^2 = 1 - \frac{0.0017}{0.0103} = 0.84$$

Tabla E.5: Datos para R² de la regresión de materiales varios

x	Regresión	y observada	e ² (error)	(y- \bar{y}) ²
1	0.518	0.51	0.0002	0.0049
2	0.547	0.55	0.0000	0.0007
3	0.576	0.58	0.0000	0.0000
4	0.605	0.64	0.0009	0.0036
5	0.634	0.61	0.0006	0.0012
		Promedio 0.58	Σ 0.0017	Σ 0.0103

Fuente: Elaboración propia

- **Calculo del coeficiente de determinación de combustible:**

$$R^2 = 1 - \frac{0.25}{0.55} = 0.55$$

Tabla E.6: Datos para R² de la regresión de combustible

x	Regresión	y Observada	e ² (error)	(y- \bar{y}) ²
1	10.696	10.70	0.00	0.12
2	10.869	10.75	0.02	0.09
3	11.042	11.00	0.00	0.00
4	11.215	11.63	0.17	0.34
5	11.388	11.13	0.06	0.01
		Promedio 11.04	Σ 0.25	Σ 0.55

Fuente: Elaboración propia

- **Calculo del coeficiente de determinación de MO operador:**

$$R^2 = 1 - \frac{0.24}{0.95} = 0.75$$

Tabla E.7: Datos para R² de la regresión de MO operador

x	Regresión	y Observada	e ² (error)	(y- \bar{y}) ²
1	10.108	9.99	0.01	0.17
2	9.842	9.72	0.01	0.02
3	9.576	9.92	0.12	0.12
4	9.31	9.47	0.03	0.01
5	9.044	8.78	0.07	0.63
		Promedio 9.58	Σ 0.24	Σ 0.95

Fuente: Elaboración propia

- **Calculo del Coeficiente de determinación de la regresión total:**

$$R^2 = 1 - \frac{0.44}{35.52} = 0.987$$

Tabla E.8: Datos para R² de la regresión de Total

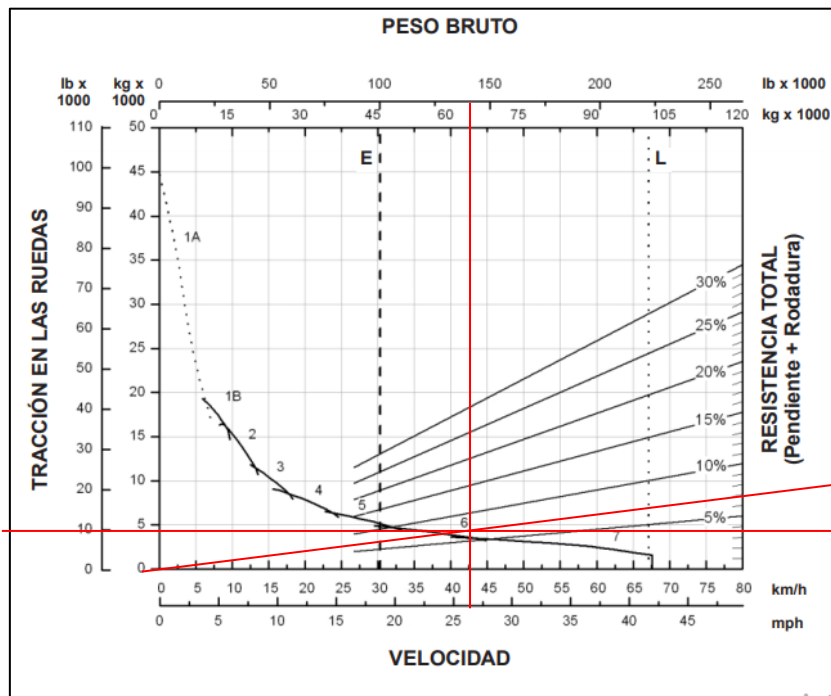
X	Regresión	y Observada	e ² (error)	(y- \bar{y}) ²
1	29.49	29.72	0.05	12.38
2	31.363	30.85	0.26	5.70
3	33.236	33.42	0.04	0.04
4	35.109	35.37	0.07	4.54
5	36.982	36.82	0.03	12.86
		Promedio 33.24	Σ 0.44	Σ 35.52

Fuente: Elaboración propia

Anexo F

GRAFICA PARA ESTIMAR DE VELOCIDADES

Figura F.1: Grafica para estimar la velocidad para camiones de 45 TM a 105 TM de peso.



Fuente: Manual de Caterpillar

Anexo G**MANO DE OBRA Y ALIMENTACIÓN****Mano de obra**

Para el cálculo de la mano de obra se tendrá las siguientes consideraciones legales más relevantes.

Gratificaciones: Beneficio que percibe el operador en los meses de Julio y Diciembre, el cual corresponde a un sueldo cada uno. Mensualmente se provisiona 17.67 % del sueldo bruto mensual.

Compensación por tiempo de servicio (CTS). Beneficio que equivale a un sueldo por año. Mensualmente se provisiona 8.33 % del sueldo bruto mensual.

Vacaciones. El trabajador tiene derecho a un mes de vacaciones por año, el mismo que es remunerado. Mensualmente se provisiona 8.33 % del sueldo bruto mensual.

Seguro de vida ley. Obligación del empleador que es un desembolso al seguro en caso de que ocurran accidentes fatales. Mensualmente se desembolsa 3 % del sueldo bruto mensual.

Seguro contra todo riesgo. Obligación del empleador que se desembolsa para atender al trabajador en caso de accidentes. Mensualmente se desembolsa 4 % del sueldo bruto.

Los días de descanso son remunerados, es decir el trabajador mensualmente acumula 30 días a ser pagados. Cada equipo tiene 03 operadores los cuales se dividen en 01 operador turno día, 01 operador turno noche y 01 operador de días libres.

Alimentación

Desayuno 7.40 S/ por día

Almuerzo 10.00 S/ por día

Cena 10.00 S/ por día * precios estipulado en los contratos celebrados con el concesionario.

Anexo H
Anexo H-1 Matriz de consistencia

Título de la tesis: “EVALUACIÓN ECONÓMICA - FINANCIERA PARA REEMPLAZAR CAMIONES DE ACARREO DE MINERAL Y DESMONTE EN LA UNIDAD CORIHUARMÍ - MINERA IRL, YAUYOS – LIMA”

Problema	Objetivo	Hipótesis	variables
<p>Problema General ¿Cómo se puede determinar el reemplazo de camiones de las operaciones de acarreo de mineral y desmonte en la unidad minera Corihuarmi, desde el punto de vista económico-financiero?</p> <p>Problemas Específicos a) ¿Cuáles son los indicadores de mantenimiento que informan sobre los costos crecientes de operación? b) ¿Cómo estimar los costos operativos con los camiones actuales para los años siguientes y hacer una evaluación económica-financiera? c) ¿Cómo estimar los costos operativos en un escenario de operación con camiones nuevos para los años siguientes y hacer una evaluación económica-financiera? d) ¿Cómo resolver el reemplazo o no de los camiones de acarreo como alternativa para generar mayores beneficios?</p>	<p>Objetivo General Determinar el reemplazo de los camiones actuales de la actividad de acarreo de mineral y desmonte para incrementar el flujo de caja de la unidad minera Corihuarmi sustentado en una evaluación económica-financiera.</p> <p>Objetivos Específicos a) Analizar indicadores de mantenimiento que informen sobre los costos crecientes de la operación. b) Estimar los costos operativos con los camiones actuales para los años siguientes y hacer una evaluación económica-financiera. c) Estimar los costos operativos en un escenario de operación con camiones nuevos para los años siguientes y hacer una evaluación económica-financiera. d) Definir el reemplazo o no de los camiones de acarreo como alternativa para generar mayores beneficios.</p>	<p>Hipótesis General Mediante una adecuada evaluación económica-financiera de los equipos de acarreo de mineral y desmonte de la unidad minera Corihuarmi, se podrá decidir entre reemplazar o continuar las operaciones mineras con los equipos actuales.</p> <p>Hipótesis Específico a) El análisis adecuado de los indicadores de mantenimiento advierten sobre los rendimientos decrecientes y generadores de mayor costo en la operación. b) Una adecuada estimación de los costos operativos con los equipos actuales para los años siguientes, ayudará a realizar una evaluación económica. c) Una adecuada estimación de los costos operativos en un escenario de operación con equipos nuevos para los años siguientes, ayudará a realizar una evaluación económica-financiera. d) En base a la comparación de las evaluaciones económicas, se definirá el reemplazo o no de los equipos y por ende favorecerá a generar mayores beneficios a la empresa.</p>	<p>Variable independiente Evaluación económica-financiera de los equipos de acarreo de mineral y desmonte de la unidad minera Corihuarmi</p> <p>Variable dependiente Reemplazo de equipos de acarreo de mineral y desmonte en la unidad minera corihuarmi</p>

Anexo I**ESTIMACIÓN DEL COSTO DE OPORTUNIDAD**

Dónde:

$$R_f = 3.25 \% ^3$$

$$R_m = 6.97 \% ^4$$

$$\text{Beta} = 1.55 ^5$$

Reemplazando en la Formula para estima el costo de capital se tiene.

$$E(R_i) = R_f + \beta * (E(R_m) - R_f)$$

$$E(R_i) = 3.25 \% + 1.55 * (6.97 \% - 3.25 \%) = 9.02 \%$$

Para efectos del trabajo se considera 9.00 % como costo de oportunidad de la empresa.

³ fuente: <https://peru21.pe/economia/bcr-riesgo-pais-redujo-julio-188664>

⁴ Fuente: <https://elcomercio.pe/economia/negocios/companias-lideran-ganancias-indice-minero-bvl-300853>

⁵ Fuente: http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/wacc.htm

Anexo J

Plano de la mina y plano de las vías de acarreo

PLANO MIRL-DR-01: Diseño de rampas y vías de acarreo

PLANO Pts-01: Plano general en planta de minera IRL