



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



**ESTRATEGIA DE LA PRODUCCIÓN ANTE LA
INCERTIDUMBRE DEL PRECIO DE ORO EN LA UNIDAD
MINERA CORIHUARMI**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. FREDY LIPA HUANACUNI CHOQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO - PERÚ

2019



DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación principalmente lo dedico a Dios, por darme la fuerza para continuar con este proceso de obtener con los anhelos más deseados.

A mis padres, Daniel y Candelaria, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este logro. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis deseos.

A mis hermanas y hermanos por sus consejos y fortaleza de alcanzar los sueños con responsabilidad. Delia, Esmeralda, Edwin y Ivan.



AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano, por haberme aceptado ser parte ella y para poder estudiar mi carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Mi agradecimiento más profundo va para mi familia. Sin su apoyo y motivación no habría logrado este deseo en mi formación profesional. A mis padres, Daniel Huanacuni y Candelaria Choque, por su ejemplo lucha y honestidad; a mis hermanas y hermanos por su ejemplo de fuerza y superación por ellos y para ellos.

Mi sincero agradecimiento a Ing. Henry Chura Torres, estimado amigo; por su disponibilidad y generosidad en compartir su experiencia y su conocimiento en mi formación profesional.

Mi agradecimiento también va dirigido al Gerente de la Consultora “CGT Company” el Ing. José Pineda por aceptar que se realice mi Tesis en su prestigiosa Empresa.

Agradezco mucho por la ayuda de mis maestros, mis compañeros, y la universidad en general por todo lo anterior en conjunto los conocimientos que me ha otorgado.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 10

ABSTRACT..... 11

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 12

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 13

1.2.1. Pregunta general 13

1.2.1. Preguntas específicas 13

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 13

1.3.1. Objetivo general..... 13

1.3.2. Objetivos específicos 13

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 14

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN 14

1.6. VIABILIDAD DEL PROBLEMA..... 15

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... 16

2.2. MARCO CONCEPTUAL 19

2.3. MARCO TEÓRICO 22

2.3.1. Planeamiento de la producción 22

2.3.2. Mercados de minerales y metales 28

2.3.3. Elementos para la evaluación de proyectos 31



2.3.4. Análisis de sensibilidad	34
2.3.5. Criterios de la ampliación	35
2.3.6. Disposición de recursos informáticos	41
2.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	41
2.4.1. Hipótesis general.....	41
2.4.2. Hipótesis específicas.....	41

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	43
3.2. DISEÑO METODOLÓGICO	43
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	44
3.3.1. Población	44
3.3.2. Muestra	45
3.4. UNIDAD DE MUESTREO	45
3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	46
3.6. PROCESAMIENTO DE LAS TÉCNICAS DE DATOS	46
3.7. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	46
3.7.1. Ubicación de acceso.....	46
3.7.2. Geología	47

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PROYECTANDO NUEVOS ESCENARIOS DE PRODUCCIÓN ANUAL DE MINERAL	55
4.1.1. Producción del mineral en el periodo 2012 – 2014 - línea de base	55
4.1.2. Proyección de los escenarios de producción.....	62
4.2. EVALUANDO LA RENTABILIDAD DE LOS ESCENARIOS DE PRODUCCIÓN DE MINERAL ANUAL.....	71
4.2.1. Flujos de caja de los escenarios de producción anual.....	73
4.2.2. Valor actual neto y el TIR de los escenarios de producción anual	78



4.2.3. Análisis de la rentabilidad.....	83
4.3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	88
V. CONCLUSIONES.....	91
VI. RECOMENDACIONES	92
VII. REFERENCIAS.....	93
ANEXOS.....	95

AREA: Ingeniería de Minas

LINEA: Diseño y Planeamiento en Minería

FECHA DE SUSTENTACION: 17 de julio 2019.



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Historial de la cotización del precio del oro.	31
Figura 2: Análisis de rentabilidad.....	35
Figura 3 : Esquema de procedimiento de cálculos para la evaluación.....	44
Figura 4: Columna estratigráfica del tajo corihuarmi.....	49
Figura 5: Afloramientos dispersos de dacitas en zonas del tajo Corihuarmi.	50
Figura 6: Andesitas intensamente diaclasadas y meteorizadas en el tajo Corihuarmi. .	51
Figura 7: Vista de los conglomerados heterométricos en el tajo Corihuarmi.	52
Figura 8: Los depósitos coluviales localizadas en la parte baja de la ladera en el tajo .	52
Figura 9: Vista de la curva descendente – ascendente en los costos de minado.	67
Figura 10: Vista de la curva descendente – ascendente del costo total de producción.	68
Figura 11: Comportamiento de las inversiones en cada escenario de producción.	70
Figura 12: Valor actual neto de los 5 escenarios de producción.	82
Figura 13: Valores del TIR de los 5 escenarios de producción.....	83
Figura 14: Comportamiento del VAN de cada escenario de producción vs la inversión.	84
Figura 15: Comportamiento del VAN vs la vida de la mina de cada escenario.....	85
Figura 16: Comportamiento del TIR vs la vida de la mina de cada escenario.....	86
Figura 17: La ley de costos decrecientes vs el VAN de cada escenario de producción.	87



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Unidades de medida del estudio.	45
Tabla 2: Reservas de los tres tajos de la mina Corihuarmi.	56
Tabla 3: Parámetros geotécnicos de diseño de los tajos Corihuarmi.	56
Tabla 4: Producción de la mina Corihuarmi en el periodo 2012 - 2014.	57
Tabla 5: Costos de minado periodo 2012 - 2014.	60
Tabla 6: Flujo de caja de la mina Corihuarmi en el periodo 2012 - 2014.	61
Tabla 7: Reservas de los tres tajos de la mina Corihuarmi con un precio de 1,100 US\$/Oz Au.	63
Tabla 8: Impactos sobre las reservas remanentes de la mina Corihuarmi.	63
Tabla 9: Escenarios de producción para la mina Corihuarmi.	64
Tabla 10: Impacto de los escenarios de producción sobre la vida de la mina Corihuarmi.	64
Tabla 11: Variabilidad de la ley de corte para cada escenario en la mina Corihuarmi.	65
Tabla 12: Costos de minado en mineral de cada escenario de producción.	66
Tabla 13: Costos de minado en desmonte de cada escenario de producción.	66
Tabla 14: Costos de producción de cada escenario en la mina Corihuarmi.	67
Tabla 15: Inversión necesario para el escenario 1 de 6,000 TM/día.	69
Tabla 16: Inversión necesario para el escenario 2 de 8,000 TM/día.	69
Tabla 17: Inversión necesario para el escenario 3 de 9,000 TM/día.	69
Tabla 18: Inversión necesario para el escenario 4 de 11,000 TM/día.	69
Tabla 19: Inversión necesario para el escenario 5 de 12,000 TM/día.	70
Tabla 20: Flujo de caja del escenario 6,000 TM/día.	74
Tabla 21: Flujo de caja del escenario 8,000 TM/día.	75
Tabla 22: Flujo de caja del escenario 9,000 TM/día.	76
Tabla 23: Flujo de caja del escenario 11,000 TM/día.	77
Tabla 24: Flujo de caja del escenario 12,000 TM/día.	78
Tabla 25: VAN y TIR del escenario de producción 1 - 6,000 TM/día.	79
Tabla 26: VAN y TIR del escenario de producción 2 - 8,000 TM/día.	80
Tabla 27: VAN y TIR del escenario de producción 3 - 9,000 TM/día.	80
Tabla 28: VAN y TIR del escenario de producción 4 - 11,000 TM/día.	80
Tabla 29: VAN y TIR del escenario de producción 5 - 12,000 TM/día.	81



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

VAN	: Valor Actual Neto.
TIR	: Tasa de Interes Retorno.
VPN	: Valor Presente Neto.
LC	: Ley de Corte.
PAD	: Deposito de Mineral Lixiviable.
TM	: Toneladas Métricas.
OPEX	: Costos de Operación.
CAPEX	: Inversión de Capital.
WACC	: Costo Medio Ponderado de Capital
AU	: Oro.
g/TM	: Gramos por Tonelada Métrica.
US\$/OZ	: Dólares por Onza Troy.



RESUMEN

La unidad minera Corihuarmi ha venido operando por 3 años desde el año 2012 hasta el 2014, en los cuales ha minado 6,000 TM/día de mineral con una ley promedio de oro igual a 0.51 g/TM. Minándose hasta el año 2015 un total de 5.97 MTM y recuperando 99,769 Oz de oro. El precio escenario que se trabajó desde el año 2012 hasta el 2015 fue de 1,350 US\$/Oz. No obstante, la variabilidad en el precio de oro en el mercado internacional ha ocasionado la caída de precio del oro hasta 1,100 US\$/Oz. Ello ha originado que la ley de corte se incremente de 0.21 g/TM a 0.27 g/TM de Au de modo que las reservas minables se redujeron de 8.84 MTM hasta 5.22 MTM de mineral. De continuar operando a la capacidad de 6,000 TM/día de mineral la rentabilidad de la unidad minera Corihuarmi se vería seriamente afectada. Es por ello que, el objetivo de esta investigación es determinar una estrategia de producción ante la incertidumbre del precio de oro a fin de mejorar la rentabilidad en la unidad minera Corihuarmi. Para ello, la metodología aplicada en este estudio fue de tipo descriptivo, en el cual se han proyectado cinco nuevos escenarios de producción los cuales son: 1 - 6,000 TM/día, 2 - 8,000 TM/día, 3 - 9,000 TM/día, 4 - 11,000 TM/día, y 5 - 12,000 TM/día, teniendo estos escenarios un precio de oro igual a 1,100 US\$/Oz. Los nuevos escenarios de producción permitieron bajar la ley de corte del oro de 0.27 g/TM hasta 0.23 g/TM con la ley de costos decrecientes, con lo cual se logra aprovechar los 8.84 MTM de mineral. Los escenarios de producción del 2 hasta el 5 se proyectaron con los 8.84 MTM de mineral generando distintos años de vida para la mina, diversas inversiones, distintos costos operativos, y diferentes rentabilidades. De estos cinco escenarios de producción, el que tuvo la mayor rentabilidad fue el escenario 3 de 9,000 TM/día que logra un VAN igual a 7.80 millones de US\$ para un WACC de 12%; y un TIR de 20.79%. Finalmente, es fundamental para la mina Corihuarmi invertir para aumentar la producción de mineral ya que con el escenario 3 de 9,000 TM/día se logra mejorar la rentabilidad de la mina.

PALABRAS CLAVES: Ampliación de la producción, flujo de caja, valor actual neto, TIR, rentabilidad minera.



ABSTRACT

Corihuarmi mining unit has been operating for 3 years from 2012 to 2014, in which it has mined 6,000 MT/day of ore with an average gold grade equal to 0.51 g/MT. Mining up to 2015 a total of 5.97 MMT and recovering 99,769 Oz of gold. The scenario price that was worked from 2012 to 2015 was 1,350 US\$/ Oz. However, the variability in the price of gold in the international market has caused the fall in the price of gold to 1,100 US\$/ Oz. This has caused the cut-off grade to increase from 0.21 g/MT to 0.27 g/MT Au so that the mineable reserves were reduced from 8.84 MMT to 5.22 MMT of ore. Whether it continue operating at the capacity of 6,000 MT/ ay of ore, the profitability of the Corihuarmi mining unit would be seriously affected. Therefore, the objective of this research is to determine a production strategy in the face of the uncertainty of the gold price in order to improve profitability in the Corihuarmi mining unit. For this, the methodology applied in this study was of a descriptive type, in which five new production scenarios have been projected, which are: 1 - 6,000 MT / day, 2 - 8,000 MT/day, 3 - 9,000 MT/day, 4 - 11,000 MT/day, and 5 - 12,000 MT/day, these scenarios having a gold price equal to 1,100 US\$/Oz. The new production scenarios allowed lowering the law of gold cut from 0.27 g/MT to 0.23 g/MT with the law of decreasing costs, with which it is possible to take advantage of the 8.84 MMT of ore. The production scenarios from 2 to 5 were projected with the 8.84 MMT of ore generating different years of life for the mine, various investments, different operating costs, and different profitability. Of these five production scenarios, the one with the highest profitability was scenario 3 of 9,000 MT/day, which achieves a NPV equal to 7.80 million US\$ for a WACC of 12%; and a TIR of 20.79%. Finally, it is fundamental for the Corihuarmi mine to invest to increase the production of ore since with scenario 3 of 9,000 MT/day; the profitability of the mine is improved.

Keywords: Expansion of production, cash flow, net present value, TIR, mining profitable.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la unidad minera Corihuarmi se desarrolla actividades como: la exploración, desarrollo y extracción de los metales preciosos. Su producto principal es el oro, el cual es minado de tres tajos operativos que son: Diana, Cayhua y Scree Slope. De estos tres tajos, desde el año 2012 hasta el 2015 se extrajo 6,000 TM/día con una ley promedio de oro de 0.51 g/TM y 1,240 TM/día de desmonte con un ratio operativo de 325 días al año, que dieron una producción de 5.97 MTM de mineral en 3 años operativos y un total de 99,769 Oz de oro producidas. El precio escenario que se trabajó desde el año 2012 hasta el 2015 fue de 1,350 US\$/Oz. No obstante, la variabilidad en el precio de oro en el mercado internacional ha ocasionado la caída de precio del oro hasta 1,100 US\$/Oz. Esta caída en el precio del oro ha causado un shock a la unidad minera Corihuarmi, ya que de continuar minando a una capacidad de 6,000 TM/día, generaría una pérdida total en la rentabilidad de la mina que, con la baja del precio del oro, la ley de corte subiría, consecuentemente reservas de mineral que antes eran minables, dejan de serlo acortando a su vez la vida de la mina. Esto en conjunción sería una pérdida total para la unidad minera Corihuarmi.

Por tal motivo, en este estudio se va a proyectar nuevos escenarios de producción que puedan mejorar la rentabilidad de la mina ante la baja del precio del oro. De estos escenarios proyectados, elegir el que obtenga la mayor rentabilidad en términos de Valor Actual Neto y el mejor TIR, aprovechando al máximo las reservas operativas de los tajos operativos Diana, Cayhua y Scree Slope en la unidad minera Corihuarmi.



1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Pregunta general

¿Cómo se puede determinar la mejor estrategia de producción ante la incertidumbre del precio de oro a fin de mantener la rentabilidad en la unidad minera Corihuarmi?

1.2.1. Preguntas específicas

¿Cuáles serán los escenarios de producción anual de mineral que puedan aprovechar mejor las reservas remanentes de la unidad minera Corihuarmi?

¿Cuál será el mejor escenario de producción anual de mineral que pueda mejorar la rentabilidad de la unidad minera Corihuarmi?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

Determinar una estrategia de producción ante la incertidumbre del precio de oro a fin de mejorar la rentabilidad en la unidad minera Corihuarmi.

1.3.2. Objetivos específicos

- Proyectar nuevos escenarios de producción anual de mineral para aprovechar mejor las reservas remanentes de mineral de la unidad minera Corihuarmi.
- Evaluar la rentabilidad de los escenarios de producción de mineral anual para elegir el que obtenga mayor rentabilidad para la unidad minera Corihuarmi.



1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la actualidad toda empresa minera debe ser competitiva para ello la empresa IRL, ha realizado evaluación de sus reservas en la unidad minera Corihuarmi, con la finalidad de proyectar la producción y compensar la baja precio de oro, y mantener la productividad en los frentes de minado de tajo Corihuarmi.

Se ve obligado incrementar la producción porque en los últimos años han sido afectados por el descenso de precio de metal oro y esta baja de precio podría paralizar las operaciones o cerrar la mina. Con el incremento de producción en la Unidad Minera Corihuarmi permite compensar la incertidumbre de precio de oro en la Unidad Minera Corihuarmi, por lo que se tendrá un impacto económico favorable. Los tajos se han tenido que ampliar para poder cumplir con la producción requerida de la Unidad Minera Corihuarmi.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La principal limitación de la presente investigación del incremento de producción se realiza en zonas de mineral, en donde la información de cálculo de reservas de la unidad minera Corihuarmi, no se encuentra al alcance del personal de la empresa consultora CGT Company S.A.C. Solo se consideraron los datos de las investigaciones anteriormente realizadas, para tomar referencias del cálculo de reservas de mineral. Y los resultados de la proyección de la producción ante la variabilidad del precio de oro con el incremento de la producción, es analizado por empresa consultora CGT Company S.A.C. También el presenta estudio de investigación, cuenta con los datos desde diciembre del 2015. También limita la información de costos de tratamiento en la planta metalúrgica.



1.6. VIABILIDAD DEL PROBLEMA

El presente trabajo es viable, ya que se dispone con los recursos necesarios como: materiales, equipos y personal tanto en el campo como en la oficina para la realización del presente estudio, para ejecutar la proyección de la producción y además constituye una fuente de información para empresa que afrontan problemas similares.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Arteaga y Lopez (1991). En el manual titulado, Evaluación Técnico Económica de Proyectos Mineros. Instituto tecnológico Geominero de España, cuyo objetivo es los estudios de evaluación de inversiones en minería, al igual que en otros sectores productivos, tienen como fin cuantificar la contribución, por medio de los servicios o productos que generan, a los objetivos empresariales, entre los cuales la rentabilidad es, obviamente, uno de los esenciales, pero no el único. A continuación, se estudian las posibles alternativas de la explotación del yacimiento, en términos de métodos mineros aplicables, diseños de la explotación, maquinaria a emplear, ritmos de producción posibles, etc. Con todos esos datos técnicos, económicos y comerciales se construye un modelo económico de flujos de fondos, que no es otra cosa más que la secuencia simulada de los flujos económicos previstos que se producirán a lo largo de las vidas útiles de las diferentes alternativas, desde el comienzo de su ejecución. La empresa promotora fijará unos criterios de selección en forma de rentabilidad mínima, períodos de recuperación de la inversión, aversión al riesgo, etc. cuya aplicación permitirá proceder a decidir cuál es la mejor solución de las propuestas y llevarla a cabo de forma efectiva. Concluye sobre las que se fundamenta la toma de decisión, así pues, a la contribución de ingenieros a la evaluación de proyectos de inversión se centra en la capacidad de análisis de información.

Morán (2012). En su tesis titulada, “*Inicio De Operaciones Mina En Tajo Abierto Coimolache*”, cuyo objetivo es garantizar el cumplimiento de la producción de mineral con 28,000 TM/día, con una ley promedio de Au de 0,56 g/TM y Ag de 22 g/TM; con un



contenido promedio de 350 onzas/día y una recuperación anual final de 100,000 onzas. Los resultados concluyen que el minado en el Tajo Tantahuatay se han realizado cambios debido a la producción inicial estimada, surgiendo cambios en el ratio; lo cual hace que surjan cambios establecidos en la producción de mineral y desmonte destinado al Pad, como al depósito de material estéril.

Quispe (2012). En su tesis titulada, “*Optimización y Diseño del tajo Cayhua - mina Corihuarmi periodo octubre 2012*”, cuyo objetivo es realizar la optimización del cerro Cayhua y encontrar el pit óptimo al precio de 1,300 US\$/Oz y diseñar el tajo operativo de la zona Cayhua con la finalidad de incrementar las reservas de la Mina Corihuarmi. Los resultados concluyen que tras las exploraciones en el cerro Cayhua y la estimación de recursos; el área de planeamiento, realizó la optimización y diseño del tajo operativo. Con ello, se logra optimizar el tajo Cayhua por el método de Lerchs-Grossmann, en cuyo cono óptimo se llega a estimar 1’677,592 TM de mineral con una ley promedio de 0.3 g/TM haciendo en total 16,110.23 Oz de Au, y 1’041,536 TM de desmonte correspondiendo un *stripping ratio* (S/R) de 0.62. Se realizó el diseño del pit operativo utilizando como plantilla el pit óptimo calculado por el método Lerchs-Grossmann, y se obtiene 1’609,973 TM de mineral con una ley promedio de 0.3 g/TM, haciendo en total 15,460.87 Oz de Au, y 1’073,748 TM de desmonte cuyo S/R es de 0.67. De estos resultados podemos concluir que por diseño operativo del tajo se tiene una reducción de 67,619 TM de mineral que representa el 4 %, un incremento de 32,2012 TM de desmonte que representa el 3%, y una reducción de 649.36 Oz de Au que representa el 4% de los mismos.



Venegas (2009). En su tesis titulada, “Ampliación de Producción de Mina Condestable”, cuyo objetivo es utilizar la data histórica contenida en los Reportes de Costos y Producción de la empresa para analizar la evolución de los costos de minado, de la variación de las leyes del mineral extraído de la mina, de la proporción de toneladas de concentrado producidas sobre la cantidad de toneladas de mineral extraído, variación de las leyes del mineral en el concentrado final y evolución de los gastos destinados a protección del medio ambiente así como a mantener buenas relaciones con las comunidades campesinas. Concluye que la decisión de ampliación se sustenta en cuatro factores clave, los cuales son, en orden de importancia: costos adecuados, proyección de precio favorable, reservas suficientes y gerencia apta para llevar a cabo el cambio, experiencia de ampliaciones recientes.

Muñoz (2006). En su tesis titulada, “*Ampliación De Producción De La Unidad Minera Chungar De 2000 TMD A 3000 TMD*”, cuyo objetivo es el incremento el valor de la mina con el desarrollo del plan de exploración y con miras a un incremento de una producción continua de 2000 a 3000 tpd, invirtiendo en la modernización de los equipos de producción y ampliación de los procesos, mejorando los procesos actuales desde la exploración hasta el producto final, con la finalidad de obtener bajos costos y una producción eficiente. Los resultados concluyen que las reservas de mineral cubicadas permiten cumplir holgadamente un programa de ampliación de mina a 3,000 tpd, explotando las 2 vetas: La Veta Maria Rosa cuyas reservas cubicadas son 2.813.724 tms con 0,44 %Cu, 4,66 %Pb, 11,70 % Zn y 3,05 oz. Ag y La Veta Principal con 1.013.667 tms con 0,48 % Cu, 3,32 %Pb, 12,92 %Zn y 2,25 oz. Ag; y si a esto le agregamos las reservas de las vetas Aurea, Marthita, Ramal Piso, Ramal Techo, Nor Este, Elva, Paola, Ofelia Split Piso y Techo y el incremento de futuras reservas, se puede asegurar que la vida de la mina es por más de 10 años. Y La Ley de Corte (CUT OFF), al aplicar el plan



ampliación de Mina es de 17,9 US\$/TM y expresando en ley de Zn (%) es de 3.06, para un precio conservador de Zn 800 \$/TM, 500 \$/TM de Pb y 1850 \$/TM de Cu; mientras que aplicando la operación actual la Ley de Corte es de 20,89 y expresando en ley de Zn (%) es de 3.59, para los precios de los metales conservadores. Por lo tanto, podemos concluir en este aspecto que el plan de ampliación es más ventajoso.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

- **Ley de corte de extracción.** – corresponde a la ley de corte de explotación en el momento mismo de extraer el mineral de la mina, asociándose a costo marginal por estar ya realizando el desarrollo de la mina. El cálculo de la ley de corte depende del punto de la decisión de corte en la vida de la mina. Al momento de decidir de explotar un bloque más al final de la vida de la mina, los únicos costos empleados serían los costos de operaciones en efectivo y una utilidad mínima para reflejar los costos de oportunidad de utilizar el dinero en alguna otra parte. En el caso de una decisión de explotar un año más, el costo sería los costos de operación efectivo, más el capital de reposición necesario, mas todos los costos generales y administrativos que incurrirían. (Delgado, 2019, p. 36).
- **Recursos.** – El recurso minero es una concentración u ocurrencia de material natural, solido, inorgánico u orgánico fosilizado terrestre de tal forma, cantidad, y calidad que existe una razonable apreciación acerca de su potencial técnico-económico. La localización, tonelajes, contenidos, características geológicas y el grado de continuidad de la mineralización son estimadas, conocidas, o interpretadas a partir de especificas evidencia geológicas, metalúrgicas y tecnológicas. (Herrera, 2006).



- **Mineral.** – Un mineral es un cuerpo natural, el cual, aun en sus partículas más pequeñas, tiene las mismas propiedades. Entre los varios miles de especies minerales que se conoce, existe un pequeño grupo es sumamente común abundante, por ejemplo, los minerales que componen las rocas. Otros son mucho menos frecuentes y se encuentran concentrados en cantidad en relativamente pocos lugares, como minerales de hierro, de cobre, de plomo, y finalmente hay gran número de minerales que no solamente están distribuidos en la naturaleza. (Beder, 1930, p. 9).
- **Producción.** - Es la función fundamental de toda organización, representa en el proceso productivo de transformación de unos bienes o servicios, en otros bienes o servicios, que se desarrolla teniendo en cuenta los recursos disponibles y las tareas de apoyo logístico necesarias. Esta puede ser física, como en la industria manufacturera; ocasional, como el transporte; temporal, como almacenamiento; o transaccional, como la comercialización de bienes de consumo. La producción se identifica fácilmente dentro del sector primario y secundario de la economía, dando a reconocer el insumo, el producto y las operaciones de transformación. (Arevalo & Cruz, 2013, p. 34).
- **Productividad.** - La productividad y competitividad de la economía reciben atención permanente por parte de los productores, los gobiernos y los inversores y analistas. Cada uno de ellos usa, explícita o implícitamente, estos conceptos en sus niveles de decisión y llegan a consecuencias diferentes que conllevan decisiones de distinta índole: inversiones y reducciones de costos para los primeros; una amplia gama de políticas para los segundos; indicadores de desempeño presente y futuro de los países para los dos últimos. Pese a toda esta



atención, muchas veces se presentan discusiones en cuanto al alcance de cada uno de estos conceptos y su interrelación. También se discute sobre los factores que influyen y determinan el crecimiento de la productividad, sobre todo en los países en desarrollo. (FIEL, 2002, p. 11).

- **Precio.** - El precio representa el valor de adquisición de un producto o servicio, valor que se puede referir a cualquier eslabón de la cadena de distribución: -El precio de venta a mayorista, es el precio al que adquiere los productos el mayorista. -El precio de venta a minorista, es el precio que paga el minorista. -El precio de venta al público, es el precio que paga el consumidor o usuario por los productos y servicios que adquiere. (Bolívar, 2009, p. 1).
- **Evaluación.** - La palabra evaluar es un término de uso frecuente que empleamos con la misión de referir la determinación o la estimación de un precio, riesgo, valor o la envergadura que ostenta algo o alguien.
- **Estimación.** - La estimación de recursos mineros se puede dividir en dos partes, (Alfaro, 2007).
 - Estimación global: interesa estimar la ley media y el tonelaje de todo el yacimiento (o de una zona grande S dentro del depósito o yacimiento).
 - Estimación local: Interesa estimar la ley media de unidades o bloques dentro de S, con el fin de localizar las zonas ricas y pobres dentro de esta zona S.
- **Reserva.** – Los modelos de recursos minerales se producen invariablemente ahora como modelos de bloques informáticos. Las limitaciones de estos son la escasez



y la calidad de los datos de entrada (cartografía geológica y logeo, preparación de muestras y ensayos, etc.) y el modelado geoestadístico.

La conversión del recurso mineral en una reserva de mineral requiere un plan minero e incluye consideración de varios “factores modificadores”. (Lopez, Macassi, Llerrena, & Marchera, 2016, p. 10).

2.3. MARCO TEÓRICO

2.3.1. Planeamiento de la producción

La proyección y descripción de la secuencia de agotamiento de un tajo es la función principal de la planificación de la producción. Esta constituye uno de los pasos más importantes del proceso de diseño de una mina a cielo abierto, ya que la factibilidad operacional y los flujos de caja están directamente relacionados con la recuperación de mineral y el movimiento de estéril a través de tiempo (Delgado, 2019).

El objetivo de la planificación de la producción apunta a maximizar el valor presente neto del negocio y el retorno de la inversión que es posible obtener a partir de la explotación minera. Además, el desarrollo de un programa estratégico de producción, es función de una serie de factores, dentro de los cuales incluye.

- Ubicación y distribución del mineral con respecto a la topografía.
- Costos indirectos como impuestos y regalías.
- Factores de recuperación de producto primario y valor.
- Mercado y restricciones de capital.
- Consideraciones políticas y ambientales.



Una vez que se ha decidido el método de explotación y el proceso de concentración más adecuado, se debe estudiar el ritmo de producción de la mina o la capacidad nominal de la planta de concentración. Naturalmente, la capacidad de tratamiento y la utilización de esta deben ser tales que se considere que se produce un flujo continuo a través del sistema. Esta condición puede no cumplirse temporalmente, hasta que el punto en que le permita los stocks intermedios de mineral, que habrá que tener en cuenta en la optimización de ritmo de producción. (ITGE, 1997).

2.3.1.1. Descripción de los parámetros de explotación

El método de explotación es la estrategia global que permite la excavación y extracción de un cuerpo mineralizado del modo técnico y económico más eficiente.

- Define los principios generales según los que se ejecutan las operaciones unitarias.
- Define criterios con respecto al tratamiento de las cavidades que deja la extracción.

Factores a tener en cuenta para la explotación a Cielo Abierto: Para proyectar una mina a cielo abierto, se deben tener en cuenta parámetros como la geometría, geotecnia, operatividad y medio ambiente descritos a continuación. (Avila & Tobo, 2014).

- **Geométricos.** - Está función de la estructura y morfológica del yacimiento, la pendiente del terreno, límites de propiedad, etc. Para el proyecto se limita por el polígono delimitado por las Coordenadas indicadas.



- **Geotécnicos.** - Depende de los ángulos máximos estables de los taludes en cada uno de los dominios estructurales en que se halla dividido el yacimiento. Para el Proyecto se establecen los Taludes con ángulos entre 45 para terrenos semiconsistentes y 70 grados para terrenos Consistentes.
- **Operativos.** - La maquinaria que se emplea debe trabajar en condiciones adecuadas para mayor eficiencia y seguridad, por esto las dimensiones deben ser las necesarias para este objetivo: alturas de banco de 5 m, pistas de 8 m, etc.
- **Medio - ambientales.** - Permiten la restauración de terrenos, reducción de impactos paisajísticos y reducción de los diferentes impactos ambientales que se presentan durante la explotación. La terminología empleada en explotaciones a cielo abierto define los parámetros geométricos que configuran el diseño de la explotación.

2.3.1.2. Fase de planificación

De las tres fases típicas de desarrollo de un proyecto, la fase de planificación ofrece las mayores oportunidades para reducir los costes de capital y de operación del propio proyecto final, mientras se maximiza la operatividad y rentabilidad de la inversión. Pero también es cierto que ninguna otra fase contiene mayor potencialidad frente al fracaso técnico o económico en el desarrollo del proyecto. (ITGE, 1997).

2.3.1.3. Fase de producción

Según refiere ITGE (1997), en la fase de producción se pueden distinguir dos etapas:



- **Puesta en marcha.** - Comienza en el momento en el que se alimenta a la planta con mineral con el objetivo de transformarlo en un producto vendible. Las instalaciones se ponen en marcha en su totalidad, a veces en circuitos cerrados, tan largos como sea posible. Las pruebas pueden durar varias semanas y durante ellas se intenta llevar a los distintos equipos a sus condiciones normales de operación, a fin de poder observar su comportamiento y el del resto de la instrumentación. No obstante, si se ponen de manifiesto pequeñas deficiencias, éstas se corregirán en la etapa siguiente.

La puesta en marcha finaliza, normalmente, cuando se ha demostrado que el proyecto es operativo y se obtiene la cantidad y calidad del producto final previstas.

- **Puesta en operativo.** - La puesta en operación supone introducir en las plantas el mineral correspondiente y seguir su tratamiento hasta la obtención del producto o productos finales.

2.3.1.4. Programación de la producción

Los siguientes parámetros proveen una guía en el programa de producción de la Operación Minera:

- Minimizar los costos preliminares de producción.
- Asegurar una adecuada área de trabajo.
- Uniformizar la relación de explotación.
- Seguir una secuencia.
- Minimizar los costos asociados a aspectos ambientales.



- Considerar siempre los aspectos financieros.
- Considerar las restricciones del programa de producción.

Como el objetivo de la mayoría de las empresas es maximizar el valor presente de la operación, se ha decidido trabajar con el algoritmo de K. Lane para la determinación de una política de leyes de corte, ya que, al incluir el Costo de Oportunidad, se obtiene un vector de leyes decreciente en el tiempo lo que beneficia el VAN del proyecto. (Chacon, 1991).

2.3.1.5. Importancia de plan de la producción

El plan de producción corresponde a la programación de la explotación, donde se identifica la cantidad, calidad y origen de los materiales a remover en un determinado periodo de tiempo durante la vida de la mina explotada. Además, se definen los equipos utilizados por expansión periodo a periodo. El plan de producción puede realizarse dentro de la planificación para diferentes horizontes de tiempo, 5, 10, 20 Años, como largo plazo y para 1 semana o 3 meses para un corto plazo.

Por lo general el plan de producción se confecciona usando como guía el gráfico de agotamiento de mineral, ya que este señala las expansiones explotadas por periodos, los equipos que trabajan en ellas, las fechas que cada expansión deben ser abiertas y que fechas deben exponer mineral para mantener los meses de mineral expuestos mínimos. (Delgado, 2019).



2.3.1.6. Influencia de una estrategia de leyes de corte

La maximización de las utilidades de la explotación está directamente relacionada con la determinación de una estrategia de leyes de corte óptima que se desarrollará de una fase a la siguiente para un índice de producción de prueba definido.

Para la determinación de esta estrategia se puede utilizar las leyes de corte iguales o menores, que la ley de corte para una fase particular. Si se intentará utilizar una ley de corte mayor, la forma física de la fase ya no sería válida, por cuando la ubicación de los límites del tajo dependerá de los ingresos de una cantidad específica de mineral que ya no estará disponible. Es decir, los anteriores bloques de mineral de baja ley pasarán a ser ahora, lastre de ingreso negativo.

En una situación donde sea necesario remover la roca de baja ley a fin de exponer el mineral, se puede utilizar una ley de corte más baja, con el objetivo de determinar si se va a procesar ese material de baja ley, esta ley de corte menor se conoce como ley de corte interna y se determina, ignorando el costo de explotación en el cálculo de leyes de corte de equilibrio.

La ley de corte óptima comenzará, generalmente, en un nivel ligeramente más alto que la ley de corte de equilibrio y con el tiempo se irá reduciendo para igualar la ley interna de corte de equilibrio.

El nivel de producción óptimo se puede determinar sobre bases estrictamente económicas; pero en algunos casos, los límites serán establecidos por limitaciones operativas, técnicas y comerciales.



Un método para determinar la estrategia de leyes de corte óptima puede realizarse gráficamente, variando la producción y la ley de corte en una serie de combinaciones.

Otro método optimizante más rígido, es el de K.F. Lane, que considera las limitantes impuestas en la operación por parte de la mina, la planta y la refinería o mercado, mediante el uso de curvas tonelaje - ley para cada una de las fases, combinando estas con las diferentes categorías de costos. Este método permite determinar una estrategia de leyes de corte óptima sobre la base de maximizar los valores presentes netos continuos, para un determinado conjunto de parámetros de producción de la mina, planta y refinería (comercialización).

El método de Lane permite al planificador probar más alternativas y realizar un análisis de sensibilidad sobre la base de precios, recuperaciones y otros parámetros de costos (Delgado, 2019).

2.3.2. Mercados de minerales y metales

Ya se ha hecho referencia, cuando se habló de los distintos tipos de mercados existentes de que el de materias primas minerales estaba encaminado al abastecimiento de productos básicos para la industria y que su comercialización, normalmente, tenía lugar en forma directa entre el productor y el consumidor (ITGE, 1997).

Clases de mercados. - Una primera clasificación de los mercados de materias primas podría hacerse según que hicieran operaciones a plazo, o de futuros, o solo al contado, o "spot", por utilizar un término de muy frecuente empleo. Ahora bien, con independencia de esa diferenciación, pueden coexistir varios tipos de mercado para un mismo producto:

- Mercados a plazo y en los que se negocian mercancías físicas o reales.



- Mercados en que los productores, bien individualmente, bien colectivamente -"carteles"- fijan los precios. Se trata de la fijación del precio por uno o por varios productores en situación de monopolio u oligopolio
- Convenios anuales, o por espacios de tiempo inferiores o superiores, fruto de negociaciones entre productores y consumidores, o entre compañías. El comercio de estado podría incluirse en este grupo.
- Mercados libres, pero sin contratos de futuros. Los mercados que dan cabida a las negociaciones de futuros, son los verdaderamente importan en el comercio de materias primas en general y de los metales en particular.

Conceptos básicos. - Cualquier mercado de la índole que sea y con cuantas circunstancias limitativas se quieran imaginar, acabará siempre sometándose a la inexorable ley de la oferta y de la demanda. A continuación, se van a recordar algunas ideas básicas en relación con la mencionada ley, y, sobre todo, aquello que se refiere en forma muy particular a las materias primas en general y a los metales no férreos en particular.

Operaciones comerciales con el oro. - El oro, por su importancia en la economía mundial, que no se limita a la compra-venta de unas toneladas de metal por el valor de su cotización en cada momento (ITGE, 1997).

2.3.2.1. La cotización y precio de oro

El descenso de los precios de oro en la década de la década de setenta, impulso la inversión para la mejora de la eficiencia de las técnicas extractivas de oro. Dichas mejoras obtuvieron sus frutos en las últimas décadas, en la que la producción de oro en mina en el mundo occidental experimento un crecimiento. (Blancos, Concejo, & Mercado, 2008).



El descenso en la oferta de algunas de las regiones productoras más importantes unido a que durante el último periodo el número de cierre de minas ha sido superior a las nuevas aperturas, puede hacer temer por la estabilidad de la oferta de este metal vía extracción en mina.

El precio es una de las variables más importantes que se toma en cuenta para determinar si cierto yacimiento en proyecto es viable de ser explotado o no. Es decir, que el producto, futuramente producido, deberá cubrir los costos de su extracción, refinación, comercialización y además deberá generar utilidades para que el proyecto sea viable o caso contrario no. Un precio alto fácilmente puede hacer que un proyecto sea atractivo y un bajo precio puede hacer que un proyecto se suspenda, ya que el precio conjuntamente con los costos, remarcan las variables económicas más relevantes de un proyecto.

Para analizar la demanda de oro a nivel mundial vamos a descomponerla en tres partidas fundamentales, la demanda de oro para la joyería, la demanda de oro para inversión, la demanda de oro para diferentes usos industriales.

Para ello es necesario realizar un estudio de mercado, moderado, y realizar un análisis histórico de los precios para hallar un precio de cobre base para elaborar el planeamiento económico de las reservas. Ello se muestra en la siguiente figura:

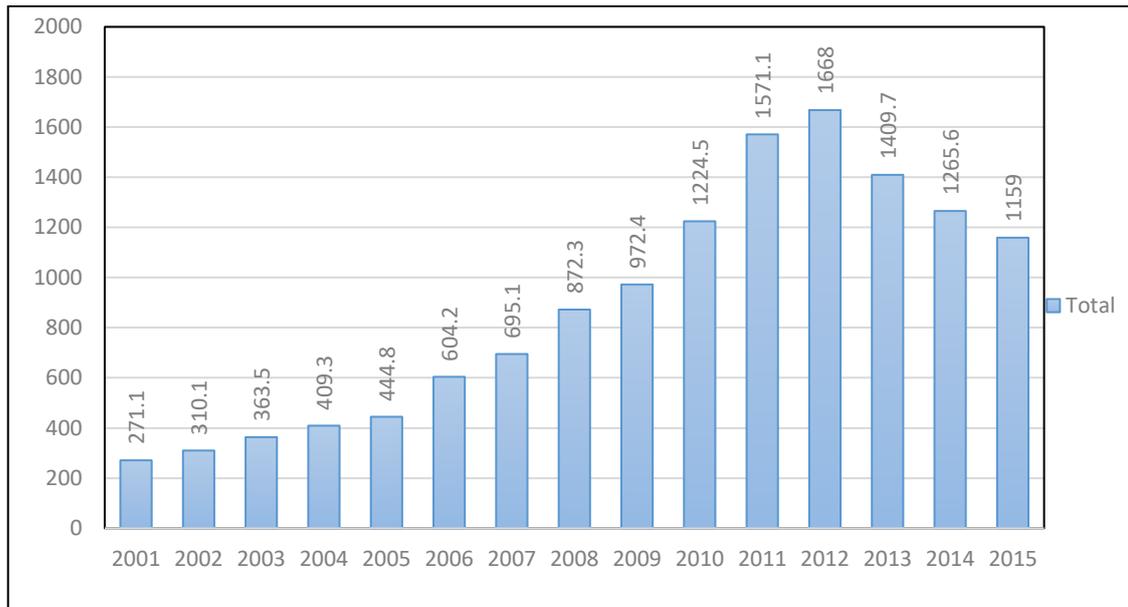


Figura 1: Historial de la cotización del precio del oro.

Fuente: The Perth Mint.

2.3.3. Elementos para la evaluación de proyectos

2.3.3.1. Horizonte de evaluación

El horizonte de evaluación, todavía tiene que decidir qué forma tendrá el proyecto, arrendará o comparará los espacios físicos, usará una tecnología intensiva en capital o en mano de obra, esto porque el factor de descuento de los flujos de fondos se hace cada vez mayor. (Sapag & Sapag, 2008).

2.3.3.2. Estado de pérdidas y ganancias

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. (Durant, 2010).



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.

2.3.3.3. Componentes de Flujo de cajas

El flujo de caja es la información básica para realizar esta proyección está contenida en los estudios de mercado, al proyectar el flujo de caja, será 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 perdidas 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 prestamos adquiridos (Sapag y Sapag, 2008).

El flujo de caja de cualquier proyecto se compone de cuatro elementos básicos:

- Los egresos iniciales de fondos.
- Los ingresos y egresos de operación.
- El momento en que ocurre estos ingresos y egresos.
- El valor de desecho o salvamento de proyecto.



2.3.3.4. Evaluación económica

El objeto de la evaluación económica es informar decisiones sobre cuál es el mejor uso de los recursos limitados disponibles. La finalidad última de la evaluación económica es, de hecho, la maximización de los beneficios sociales de la intervención pública, ya que la información que proporciona va destinada a que los decisores financien aquellos servicios que generan mejores resultados. Además, incluso cuando no existen alternativas, puede ser interesante evaluar si los resultados de una política ya en marcha justifican sus costos. (Parera, 2009).

2.3.3.5. Evaluación financiera

La evaluación financiera de proyectos de inversión requiere realizar un análisis exhaustivo de las alternativas que coincidan con los objetivos empresariales o personales y que contribuyan a la creación de valor mediante la toma de decisiones óptimas y coherentes.

Cualquiera de los cuatro métodos de evaluación financiera de proyectos de inversión analizados en este trabajo – Tasa Interna de Retorno o TIR, Valor Presente Neto o VPN, Costo Anual Equivalente o CAE y Relación Beneficio Costo o R B/C - debe llevar al evaluador a la misma decisión de invertir o no en un proyecto y así guiar al inversionista a tomar la decisión óptima. (Carrillo, 2017).

2.3.3.6. Tasa interna de retorno (TIR)

De acuerdo a Lira (2013), 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. 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 como se muestra en la siguiente formula:

$$C_0 + \frac{C_1}{(1 + TIR)} + \frac{C_2}{(1 + TIR)^2} + \frac{C_3}{(1 + TIR)^3} + \dots + \frac{C_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

Como en general C_0 es negativo (por ser una inversión) y, C_1, C_2, \dots, C_n son positivos, el TIR resulta ser la tasa que hace a la suma de los flujos de caja positivos (descontados con el TIR) igual a la inversión hoy. Equivalentemente, la TIR es la tasa que hace que el VAN sea igual a cero.

2.3.4. Análisis de sensibilidad

Los análisis de sensibilidad sirven para investigar la influencia de una variación en el valor de alguno o algunos de los parámetros o variables (inversiones, costos de operación, ingresos, vida de la mina, etc.) sobre los diferentes índices que miden la rentabilidad del proyecto (VAN, TIR, etc.).

Estos análisis permiten también identificar aquellas variables que tienen un mayor impacto en el resultado, frente a distintos grados de error en su estimación, ayudando a decidir acerca de las conveniencias de realizar estudios más profundos de esas variables críticas, con el objetivo de mejorar las estimaciones, reducir el grado de riesgo por error, o buscar otra estrategia de actuación.

La forma habitual de llevar a cabo los análisis de sensibilidad unidimensionales consiste en establecer unos cambios arbitrarios, por ejemplo, del -20%, -10%, +10%, y +20%, para cada una de variables que se consideran importantes en la investigación y evaluar, para cada hipótesis, la variación que sufre el criterio económico empleado. Generalmente, la magnitud en que se altera cada variable suele mantenerse a lo largo de la vida de la mina, pero posible ajustar los coeficientes de variación a los niveles de

confianza de las estimaciones, ya que estos serán mayores en los primeros años de operación del proyecto y menores en los últimos periodos de explotación. (ITGE, 1997).

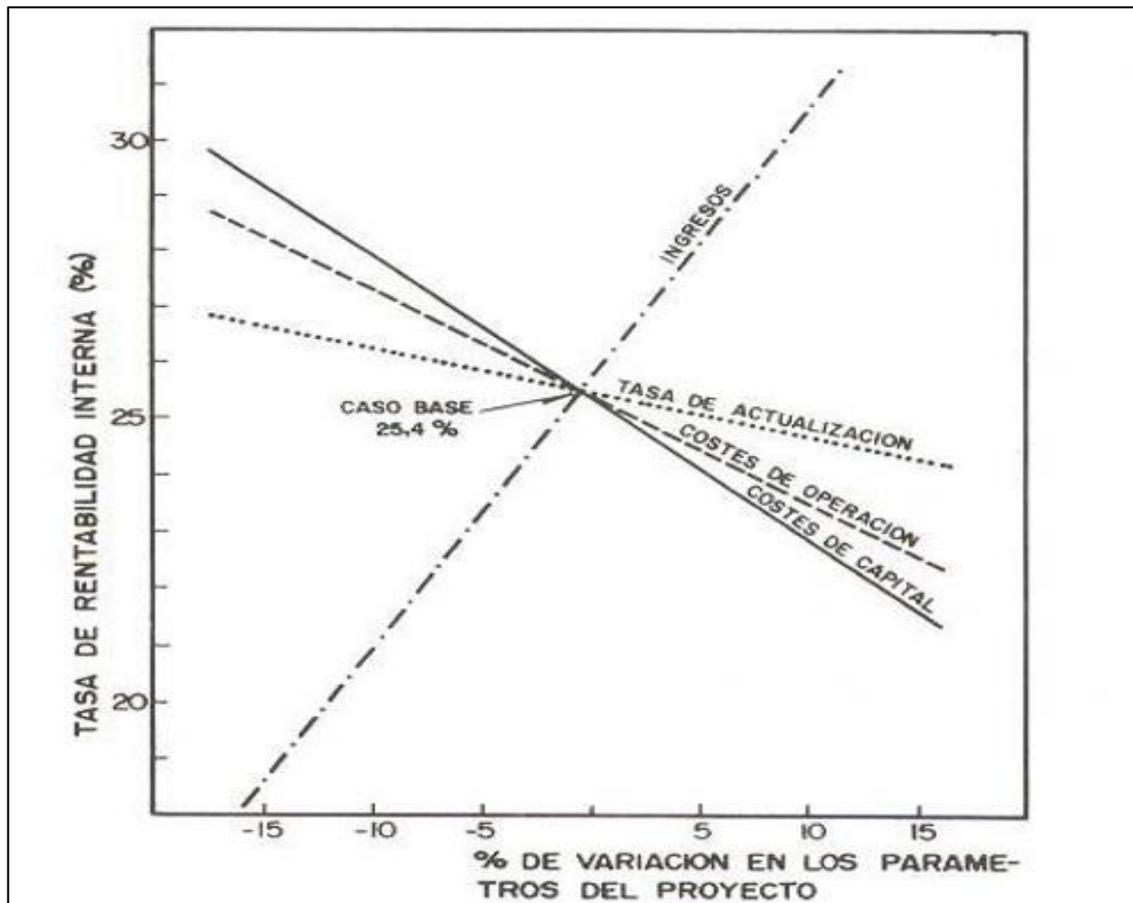


Figura 2: Análisis de rentabilidad.

Fuente: (ITGE, 1997).

2.3.5. Criterios de la ampliación

A causa de que las minas tienen duraciones limitadas, la mayoría de las compañías explotadoras necesitan efectuar programas de exploración e investigación, con vistas al descubrimiento de nuevos yacimientos o ampliación de los que se explotan, para garantizar la continuidad de las mismas más allá del horizonte marcado por un proyecto en cuestión. El riesgo económico durante esa etapa de investigación es elevado, ya que la probabilidad de éxito suele ser pequeña. (ITGE, 1997).



- **Ampliación de operaciones existentes.** - Con estas inversiones se pretende aumentar la capacidad productiva de las explotaciones. En este caso el riesgo económico suele ser inferior al de otras inversiones, pues se posee un mayor conocimiento del yacimiento, de las características del mineral, del proceso de extracción y tratamiento, del mercado, etc. (ITGE, 1997).

2.3.5.1. Recursos de mineral y reservas de mineral estimado

El método de estimación adoptado para la definición de Recursos Mineros requiere de una estimación insesgada y un resultado con un nivel aceptable de confiabilidad, Las estimaciones no constituyen determinaciones ni cálculos precisos ya que la información capturada y utilizada es restringida. Estas estimaciones constituyen valores esperados. (Godoy, 2009).

Es aquella porción del Recurso Mineral Medido o del Recurso Mineral Indicado que es económicamente extraíble de acuerdo a un escenario productivo, medioambiental, económico y financiero derivado de un plan minero y en cuya evaluación se han considerado todos los factores modificantes (mineros, metalúrgicos, económicos, financieros, comerciales, legales, medioambientales, infraestructura, sociales y gubernamentales). La Reserva Mineral incluye pérdidas y diluciones con material ajeno circundante a esa porción de Recurso Mineral y que lo contamina por efectos de la extracción minera. (Codelco, 2016).

2.3.5.2. Maximización de valor presente neto

Conforme a (Contreras, 2011), las compañías mineras crean valor a través del descubrimiento, la explotación o negociación en bolsa de los recursos mineros que posean o descubran técnicamente, Entenderemos entonces que para que una empresa minera sea



percibida como capaz de crear valor y de crecer sostenidamente de sus recursos minerales; debe demostrar su capacidad en la toma de decisiones para expandir sus reservas minerales y su habilidad de convertir éstas en cash o valores de manera confiable y mínimo riesgo que permita una rentabilidad asociada a la inversión realizada por sus accionistas.

Para este fin es muy obvio que variables tales como recuperación metalúrgica, costo efectivo, ritmos de producción, TIR y VPN, algunas veces inflaciones deben ser evaluados de manera eficiente para optimizar los resultados financieros esperados de un proyecto o cartera de proyectos. En el caso del Oro se tiene un precio tan alto por factores externo financieros y de crisis internacional que deben ser cuidadosamente analizados sobre todo para proyectos de muy baja ley y volumen ya que las variables más críticas serán el CAPEX y los Costos de Operación.

2.3.5.3. Ley de corte

La ley de corte es el criterio utilizado en el sector minero para distinguir entre mineral y producto estéril. Su estimación se realiza mediante complejos modelos matemáticos que contemplan factores económicos como: precios, costos de transformación, flete, costos fijos, tipo de interés. Asimismo, su estimación también incluye factores metalúrgicos como tipo de producto y proceso, capacidad de producción, costos de recuperación, subproductos y cantidad de impurezas (Alfaro, 2009). Estos cálculos son de gran utilidad para las empresas mineras (Tamayo, Salvador, Vásquez y Zurita, 2017).

Considerando V = valor presente de una operación basado en un recurso finito y los flujos de caja C_i dependen de precios y costos en el tiempo, entonces el valor de V depende del tiempo T , $V=V(T)$, ahora bien, el valor presente depende también de la



cantidad de recurso R remanente, por lo tanto $V=V(T, R)$ y si $R=0$ entonces, $V(T,0)=0$. V depende también de la estrategia de operación empleada a futuro Ω entonces $V=V(T, R, \Omega)$. Para el caso de una estrategia de leyes de corte, Ω consiste en una ley de corte variable, que puede tomar los valores g_1, g_2, \dots, g_n , para lo que resta de la vida de la Mina, entonces siendo $\Omega=g_1, g_2, \dots, g_n$ entonces $V=V(T,R,g_1,g_2,\dots,g_n)$.

- **Ley de corte económica**

Es aquella Ley de Corte que tiene relación con la ley que maximiza el beneficio neto, y está en función de algunos factores, tales como: precio del elemento, costos de recuperación, producción anual, y la vida del yacimiento. Debido a esto la Ley de Corte es variable en el tiempo, afectando directamente las reservas del yacimiento. (Calder, Koniaris, & McCann, 1996).

2.3.5.4. Maximización de la recuperación del yacimiento

Este criterio induce a beneficiar todo material, que al menos pague sus costos marginales de tratamiento. El impacto de este criterio dentro del proceso de planeamiento de la producción, se traduce en los siguientes conceptos:

Mineral es todo material cuyo costo marginal de tratamiento es mayor o igual a su ingreso marginal. Tal definición permite fijar una ley de corte invariable en el tiempo.

El raciocinio utilizado en la definición de mineral, no incluye consideraciones que permitan mejorar el rendimiento económico del negocio, al considerar y valorizar las restricciones de capacidad, como un costo de oportunidad.



Las secuencias de explotación, privilegian aspectos operacionales de producción y extraen el máximo de material desde diferentes sectores con leyes mayores o iguales a la ley de corte establecida.

2.3.5.5. Parámetros técnicos -económicos y socio-ambientales de la ampliación de la producción

- **Parámetros operativos**

La producción minera de un negocio minero siempre se verá limitado por la cantidad de mineral en una unidad de tiempo que puede ser procesado por la planta concentradora, y esta capacidad limitada es consecuencia directa de la inversión destinada a este rubro.

Con respecto capacidad de extracción de mineral por parte del Minado estará limitada por la capacidad de la planta, en cambio la extracción de desmonte, un factor que influye sobre la extracción del mineral, dependerá del ángulo OverAll del tajo final y de las fases de minado, lo cual se sintetiza por la relación estéril – mineral (E/M).

Otro punto importante en el negocio minero, es la continuidad de este, ello se logra únicamente con un aumento de la reserva de minerales. Mayores reservas o menores reservas, repercute en los criterios de optimización, como es el caso de VAN, que se 19 traduciría en una ampliación de la planta, el cual repercutiría directamente en un aumento de los flujos de caja actuales.

Toda esta variable se conoce como variables Operativas, ya que estos solo tienen que ver con la producción. Estas variables son de Segundo Orden.



- **Minado a tajo abierto**

La extracción de mineral y de desmonte para este estudio será realizado por minado a tajo abierto. En el minado a tajo abierto se debe tener condiciones geográficas, geométricas, físicas del terreno y del yacimiento, favorables para la explotación por este método.

- **Parámetros Técnicos**

Tanto la elección de rango de diámetro que se puede perforar, con la altura de banco que se trabaja, depende de las consideraciones económicas basados en el tamaño de equipo con que se va trabaja, además de consideraciones geológicas estructurales y geográficas, o sea para el dimensionamiento de malla de perforación deben partir tanto el diámetro como la altura de banco.

- **Capacidad de minado**

Para cumplir con la producción diaria se está considerando 2 flotas de minado, la 1ra en el tajo Susan y/o Diana y la 2da en el tajo Scree Slope; todo esto en el turno día, además todo este material será pasado por la Chancadora, para un mejor control del blending y de la adición de cal para el control del PH.

Para depositar en el Pad todo el material movido de los tajos durante el día, se está considerando 1 turno nocturno, con 1 flota de volquetes. Esta flota será suficiente para el cumplimiento del carguío desde Chancadora hacia Pad.

El minado del desmonte será solo del tajo Susan y Diana, hacia el Botadero cuya capacidad es suficiente para el desmonte proyectado, y podrá ser alternado con cualquiera de las flotas de los tajos, debido a su poca cantidad, para lo cual se preverá ese minado para no dejar desabastecida la chancadora, con una alimentación de las 9,000 TM diarias.



2.3.6. Disposición de recursos informáticos

Los recursos informáticos empleados para la elaboración, diseño y evaluación del planeamiento a largo plazo de la Unidad Minera Corihuarmi, empleados por la CGT Company S.A.C.

2.3.6.1. Hexagon/Mintec – MineSight

Mintec ha proporcionado a la industria minera su software MineSight, hoy por hoy, en su versión más reciente de 64 bits; MineSight es un software versátil y confiable, además de su simple aplicación a múltiples proyectos mineros. Puede realizarse, Modelamiento del Yacimiento, Análisis Geoestadístico, Planificación de reservas económicas, evaluaciones Económicas, diseños operativos de tajos, Botaderos, etc.

MineSight ha sido empleado por la CGT Company consultores para la elaboración y el diseño del modelo de bloques 3D del yacimiento, además de los diseños operativos de la mina.

2.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

2.4.1. Hipótesis general

Mediante una estrategia de producción ante la incertidumbre del precio de oro, decidir un escenario de producción anual de mineral que obtenga la mejor rentabilidad en la unidad minera Corihuarmi.

2.4.2. Hipótesis específicas

- Las reservas remanentes de la unidad minera Corihuarmi se aprovechan mejor con nuevos escenarios de producción anual de mineral.



- Una mejor rentabilidad para la unidad minera Corihuarmi se obtiene evaluando la rentabilidad de todos los escenarios de producción anual de mineral.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

- **Tipo de investigación**

Esta investigación es de tipo descriptivo, se describirán los factores que influyen en la proyección de la producción, para mantener la rentabilidad en la unidad minera Corihuarmi.

- **Descriptivo**

Describe la proyección de la producción de minerales en los frentes de minado como; frente cayhua, Diana y Scree Sloop. Que se encuentra en el tajo de la mina Corihuarmi, para poder mantener rentable ante la variabilidad del precio de oro.

3.2. DISEÑO METODOLÓGICO

La investigación es de tipo descriptivo, ya que el fundamento de este estudio es medir la incidencia de una presencia y ausencia de los elementos de la planificación minera a largo plazo sobre los resultados de la empresa.

Sin embargo, los datos para el proyecto de investigación son proporcionados de la misma mina Corihuarmi, los datos son verídicos y las estimaciones siguen un lineamiento estricto para obtener los mejores resultados de la producción. Ya que las técnicas del tesista fueron reforzadas con asesoría de profesionales con mucha experiencia en la planificación minera.

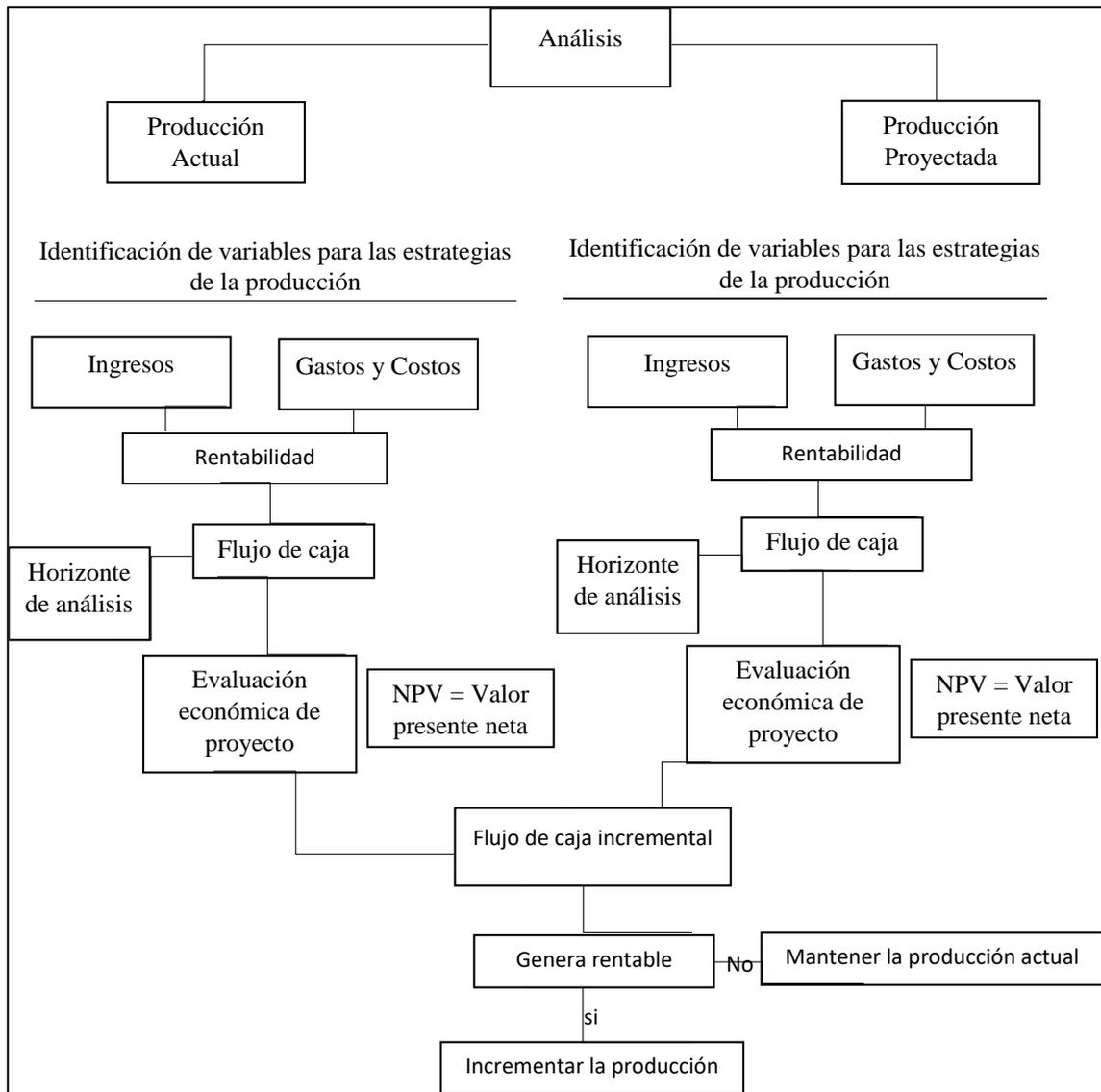


Figura 3 : Esquema de procedimiento de cálculos para la evaluación.

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. Población

La población definida como el conjunto de objetivos, individuos y medidas que poseen para este trabajo es: la unidad minera Corihuarmi.

3.3.2. Muestra

Las muestras recolectadas para realizar esta investigación fueron:

- El informe de reservas por parte de área de geología.
- Datos operativos de los tajos.
- Plan de minado anual 2014.
- Planos de diseño por parte de área de planeamiento.
- Datos de los equipos usados actualmente en la operación de minado.
- Informe de costos por área del año 2013 y 2014.
- Informe económico por parte de área costos.

3.4. UNIDAD DE MUESTREO

En las unidades de medidas para la proyección de la producción de la unidad minera Corihuarmi se encuentran en el siguiente cuadro:

Tabla 1: Unidades de medida del estudio.

Descripción	Unidad de medida
Volumen del material	m ³
Toneladas del material	TM
Toneladas de reservas	TM
Costo total de material	US\$/TM
Ley de corte	gr/TM
Altura de banco	m
Angulo de talud operativo	(°)
Ancho de banco	m
Angulo de talud final	(°)

Fuente: Elaboración propia.



3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

- **Variable independiente**

La proyección de la producción.

- **Variable dependiente**

Variabilidad del precio de oro.

3.6. PROCESAMIENTO DE LAS TÉCNICAS DE DATOS

En esta etapa se pretenderá explicar las propiedades, notas rasgos de datos que, en relación a las variables estudiadas, que derivan de las tablas en la cual se han procesado los datos.

En consecuencia, se realizará un análisis e interpretación en forma inductiva tomando en consideración el planteamiento del problema, los objetivos y tipo de investigación, para así de esta manera llegar a la conclusión final.

3.7. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.7.1. Ubicación de acceso

La unidad minera Corihuarmi está ubicado entre el distrito de Chongos Alto, provincia de Huancayo, región Junín; y el distrito de Huantán, provincia de Yauyos, región Lima. El Proyecto se asienta a una altitud de 4800 msnm. La vista geográfica de la ubicación se puede ver en el anexo N° 01.

Existen dos rutas alternativas para llegar a la Unidad Minera Corihuarmi, desde la ciudad de Lima:



- La primera, partiendo de Lima a través de la Carretera Central hasta la ciudad de Huancayo, completando 330 Km de recorrido en un promedio de 6 horas. Luego se recorren los tramos Huancayo-Vista Alegre-Corihuarmi, ambos en vías afirmadas, recorriendo 115 Km en aproximadamente 4 horas. Totalizando así 445 Km en 10 horas de viaje.
- La segunda se realiza en 3 tramos: Se parte de Lima rumbo a Lunahuaná, pasando la provincia de Cañete, sobre 145 Km de vía asfaltada en un aproximado de 2.5 horas. El siguiente tramo es Lunahuaná-Desvío Yauyos-Llapay, sobre 155 km de vía afirmada en 4 horas de promedio de viaje. Y el tramo final es Llapay-San Valentín-Corihuarmi, también sobre vía afirmada, recorriendo 70 Km en 3.5 horas. Totalizando 370 Km en 10 horas de viaje.

3.7.2. Geología

3.7.2.1. Geología regional y estratigrafía

El área donde se ubica la mina Corihuarmi se encuentra localizado geográficamente en los andes occidentales del centro del Perú al suroeste de la ciudad de Huancayo límite entre los departamentos de Lima y Junín. Los rasgos estructurales más saltantes corresponden a plegamientos de rumbo NO-SE, siguiendo la orientación de la tectónica andina, afectados por fracturamiento transversal de rumbo predominante N-S. Las características físicas sugieren la presencia de una gran caldera con rocas volcánicas de composición intermedia a ácida, típicamente andesíticas, con depósitos de brechas, piroclastos y tobas, así como también domos riolíticos a dacíticos – INGEMMET Boletín N° 44-Serie A - Carta Geológica Nacional 1993.



En el área de estudio las rocas aflorantes son principalmente de edad terciaria y en menor proporción se tiene rocas sedimentarias de edad cretácica, así como amplias zonas cubiertas por depósitos modernos del Cuaternario reciente. Además de las características geológicas similares en todo el tajo Corihuarmi ya mencionadas, según estudios geotécnicos recientes en el frente de la Ampliación Scree Slope se identificó 2 unidades litológicas con características diferentes las cuales se extienden a lo largo de la falda del tajo Susan, cuyas características son propios de la época cuaternaria como morrenas, bajo ella subyace un manto rocoso de origen volcánico tipo piroclástica con dos alteraciones principales; rocas oxidadas y rocas sulfurosas. Asimismo, en el estudio geotécnico del tajo Cayhua Norte y sus inmediaciones, se observó que el depósito de oro en la parte superior está hospedado en rocas piroclásticas rica en cristales de composición dacítica, mientras que en la parte inferior presenta una roca piroclástica de composición andesítica; semejante al tajo Laura donde además se tiene en la parte superior, intercalación de tobas de ceniza.

Estratigráficamente, el tajo Corihuarmi se encuentra emplazado sobre depósitos coluviales, compuestos por fragmentos de rocas de diámetros variados con una matriz limo-arenosa. Debajo del coluvial, se encuentran suelos residuales, producto de la descomposición física y química de rocas volcánicas. Como basamento se encuentra rocas del tipo andesitas y piroclastos. Véase la siguiente figura:

LEYENDA							
ERA	SIST.	SERE	UNIDADES ESTRATEGRAFICAS		ROCAS INTRUSIVAS		
CENOZOICO	CUATERNAR	RECIENTE	SECTOR OCCIDENTAL		Andesita		
			Dep. fluvioglasiares			Dep. fluvioglasiares	
	PLEISTOCENO	Dep. glaciares		Dep. glaciares			
	TERCIARIO	PLIOCENO					
		MIOCENO	Fm. Castrovirreyna			Fm. Astobamba	
		OLIGOCENO	Gpo. Sacsaquero			Fm. Caudalosa	
EOCENO				Fm. Castroverreyna			
MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR		Gpo. Sacsaquero			
		INFERIOR		Fm. Casapalca			
				Fm. Chulec Pariatambo			

Figura 4: Columna estratigráfica del tajo corihuarmi.

Fuente: INGEMMET, 2002. Elaboración: ACOMISA, Plano de Geología Regional.

3.7.2.2. Geología Local

- **Generalidades**

El depósito de Corihuarmi está compuesto por rocas volcánicas intermedia y ácidas, con afloramientos de secuencias andesíticas estériles y secuencias dacíticas y riódacíticas mineralizadas. Las características topográficas notables están comúnmente en rocas volcánicas, hidrotermalmente alteradas por fluidos de composición silicosa, dado la presencia de sílice cavernosa o masiva. Estos afloramientos silicosos son la base de las zonas hidrotermales de alteración, rodeados por un halo de alteración Argílica.

- **Litología**

Principalmente afloran derrames volcánicos andesíticos-dacíticos y flujos de brechas volcánicas, donde se evidencian una intensa alteración hidrotermal, reconociéndose las siguientes alteraciones: silicificación, argílica avanzada, argílica y propílica. Asimismo, parte del área del tajo Corihuarmi se encuentra cubierta por

depósitos cuaternarios de origen coluvial y glaciario, predominando y teniendo en sus inmediaciones a la Formación Caudalosa. Véase la siguiente figura:



Figura 5: Afloramientos dispersos de dacitas en zonas del tajo Corihuarmi.

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

- **Formación Caudalosa (Ts-ca)**

Esta secuencia volcánica está compuesta de coladas de andesita, areniscas tobáceas y flujos de brecha andesítica de colores gris oscuro y verdoso. Esta unidad estratigráfica presenta regular amplitud. Son depósitos de edad del Mioceno, aflorando en parte del área donde descansan los frentes Cayhua, Cayhua Norte, Laura y la Ampliación Diana así como las inmediaciones a éstas. Véase la siguiente figura:



Figura 6: Andesitas intensamente diaclasadas y meteorizadas en el tajo Corihuarmi.

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

- **Depósitos Glaciares (Qr-g)**

Esta unidad está constituida por conglomerados heterométricos, con abundante matriz limoarenosa y guijarrosa con bloques sub angulosos estriados. Estos materiales son componentes de morrenas antiguas y recientes, las cuales se encuentran tapizando el fondo de los valles glaciares. En el área evaluada estos depósitos tienen una gran amplitud y desarrollan grandes planicies de relieve suave y ondulado de moderada disección. Véase la siguiente figura:



Figura 7: Vista de los conglomerados heterométricos en el tajo Corihuarmi.

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

- **Depósitos Coluviales (Qh-co)**

Están conformados por clastos angulosos a sub-redondeados debido a su corto recorrido se encuentran inconsolidados y mal clasificados, se distribuyen en laderas y parte baja del valle. Se originan debido a que la roca está intensamente diaclasada y meteorizada y acelera el proceso erosivo para luego ser transportada por acción de la gravedad o flujos de escorrentía. Véase la siguiente figura:



Figura 8: Los depósitos coluviales localizadas en la parte baja de la ladera en el tajo Corihuarmi.

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.



- **Alteraciones**

La alteración básica en el área del tajo corresponde a una alteración hidrotermal, asociado a rocas volcánicas hidrotermalmente alteradas por fluidos de composición silicosa, dado la presencia de sílice cavernosa o masiva; rodeada de un halo de alteración Argílica, y poca alteración Propílica.

- **Geología Estructural**

Por su ubicación en el arco magmático Occidental Andino, podemos deducir que el área de prospección se relaciona con la actividad plutónica y magmática produciendo un volcanismo calco alcalino originados por la convergencia de la Placa Oceánica de Nazca con la Continental Sudamericana, todo ello dentro del ambiente tectónica del arco interno continental (back arc). El fracturamiento regional dominante es el de un típico tectonismo de bloques con un sistema conjugado de orientación andina (NNW) y otros de orientación anti andinas (W-E y NE-SW) y que, al parecer, constituyen el principal control de ascenso tanto del material magmático como de los fluidos ácidos relacionados a la mineralización de oro; de ahí, que el tajo Corihuarmi exhiba un control estructural en la ubicación de los cuerpos centrales del sistema.

Dentro del tajo Corihuarmi se tienen características geoestructurales específicas como en el frente de la Ampliación Scree Slope-Susan, que en toda el área no se puede evidenciar sistemas de fallamientos ya que la roca in-situ se encuentra cubierta por la capa de morrenas explicadas anteriormente. Por el contrario, en el área del tajo Cayhua Norte y sus inmediaciones se presenta fallas de orientación Noroeste que en algunos casos están relacionados a la ocurrencia de brechas. Según el cartografiado geológico se han podido diferenciar dos tipos de estructuras; fallas mayores y fallas menores. Asimismo, en el tajo



Susan, además de las fallas mencionadas se presentan fallas superiores, inferiores y basales entre otras.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PROYECTANDO NUEVOS ESCENARIOS DE PRODUCCIÓN ANUAL DE MINERAL

En este punto se va proyectar nuevos escenarios de producción anual del mineral para la unidad minera Corihuarmi con la finalidad de aprovechar mejor las reservas remanentes los tajos operativos Diana, Cayhua y Scree Slope. Esta proyección permitirá recuperar el mayor oro fino posible, con lo cual se pueda mejorar la rentabilidad ante la caída del precio del oro.

4.1.1. Producción del mineral en el periodo 2012 – 2014 - línea de base

Para proyectar los nuevos escenarios, primero se verá cómo fue la producción de mineral, sus costos de minado, su flujo de caja, su VAN y TIR; asimismo, cuáles serían las repercusiones de continuar minando con el ritmo de producción del periodo 2012 – 2014 antes de la caída del oro. Véase esto en los siguientes puntos:

4.1.1.1. Precio del oro

El precio de oro en el periodo 2012-2014, fue de 1,350 US\$/Oz, un precio muy rentable para la unidad minera Corihuarmi. Esto se puede corroborar con la figura 2.2. Historial de la cotización del precio del oro, que, en el año 2012, alcanzo su valor pico. Esto permitió proyectar un precio escenario de 1,350 US\$/Oz de Au.

4.1.1.2. Estimación de las reservas remanentes

La estimación de las reservas en la mina Corihuarmi fue realizada por el área de Planeamiento Mina de Minera IRL S.A. Este trabajo ha sido verificado y aprobado por consultoras especialistas en el tema, así como la alta dirección de Minera IRL S.A. Véase la siguiente tabla:

Tabla 2: Reservas de los tres tajos de la mina Corihuarmi.

Tajo	Mineral TM	Ley de Au g/TM	Onzas Au	Desmonte TM	Total de Material TM
Diana	2,641,533	0.24	22,916	1,022,300	3,663,833
Scree Slope	2,401,501	0.31	24,122	0	2,401,501
Cayhua	3,795,175	0.27	32,470	1,899,895	5,695,070
Total:	8,838,209	0.28	79,508	2,922,195	11,760,404

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

4.1.1.3. Diseño de los tajos

El diseño de los tajos finales se basa en pit shells óptimos determinados con un precio de 1,350 US\$/Oz de oro. Los parámetros utilizados en el diseño de los tres tajos de la Mina Corihuarmi se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3: Parámetros geotécnicos de diseño de los tajos Corihuarmi.

Descripción	Tajo Diana	Tajo Scree Slope	Tajo Cayhua
Ancho de rampa (m)	10	10	10
Pendiente rampa (%)	10%	10%	10%
Angulo de cara de banco (°)	70°	62°	70°
Altura de banco (m)	5	5	5
Altura de talud (m)	20	10	10
Ancho de berma (m)	8.5	7	6.5
Angulo interrampa (°)	52°	36°	45°

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.



4.1.1.4. Plan de minado

Para el periodo 2012 – 2014, el ritmo de producción fue de 6,000 TM/día de mineral proveniente de los tajos Diana, Cayhua y Scree Slope con una ley promedio de oro de 0.51 g/TM y 1,240 TM/día de desmante. Véase la producción de este periodo en la siguiente tabla:

Tabla 4: Producción de la mina Corihuarmi en el periodo 2012 - 2014.

Años 2012 -2014	Tajos	Mineral TM	Ley g/TM Au	Au Oz	Desmante TM	Total TM	Ratio (SR)
Año 1	Diana						
	Cayhua	1,333,333	0.77	33,040	421263	1,754,596	0.32
	Tajo Scree Slope	666,667	0.43	9,238		666,667	
	Sub Total	2,000,000	0.65	42,278	421263	2,421,263	0.21
Año 2	Diana	222,222	0.62	4,448	14537	236,759	0.07
	Cayhua	1,111,111	0.49	17,493	444553	1,555,664	0.4
	Tajo Scree Slope	666,667	0.42	9,148		666,667	
	Sub Total	2,000,000	0.48	31,089	459090	2,459,090	0.23
Año 3	Diana	292,065	0.56	5,282	37896	329,961	0.13
	Cayhua	700,692	0.34	7,675	286939	987,631	0.41
	Tajo Scree Slope	981,315	0.42	13,445		981,315	
	Sub Total	1,974,071	0.41	26,402	324834	2,298,906	0.16

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

La operación de minado era en 325 días al año en el tajo, lo cual, para cumplir con la producción diaria, trabajó con 2 flotas de minado: la 1ra en el tajo Cayhua y/o Diana y la 2da en el tajo Scree Slope; todo esto en el turno día. La función principal de las dos flotas era transportar el mineral de los tajos hacia la chancadora. Para depositar el mineral en el Pad, se utilizó 1 flota de volquetes que operaban durante el turno nocturno. La finalidad de esta flota fue de trasladar el mineral molido de la Chancadora hacia el Pad de Lixiviación.



Finalmente, el minado del desmonte sólo fue del tajo Cayhua y Diana, hacia el Botadero cuya capacidad es suficiente para el desmonte depositado, así como para el proyectado. Este trabajo es alternado con cualquiera de las flotas de los tajos, debido a su poca cantidad, el cual se hizo de acuerdo a la precedencia de polígonos con la finalidad de no dejar desabastecida la chancadora, con una alimentación de las 6,000 TM diarias.

4.1.1.5. Operaciones mina

Las operaciones mina se realizaron a cargo de la misma empresa el cual ha comprendido las siguientes operaciones:

- **Carguío**

El carguío del material en los tajos se realiza mediante excavadoras CAT-336 DL; mientras que, el carguío en la Chancadora al Pad se realiza mediante un cargador frontal CAT-966H. Esta actividad se realiza en dos carriles, el tiempo promedio de carguío por volquete es de 2.5 minutos.

- **Acarreo**

El transporte de material se realiza con volquetes Mercedes Benz Actros de 17 m³. El circuito de transporte se realiza en 2 tramos: El primero es del tajo a la Chancadora (del tajo Diana a la Chancadora son 2 Km, y desde el tajo Cayhua al mismo destino, es 2.5 Km). El segundo es desde la Chancadora al Pad de Lixiviación, con un recorrido de 0.7 Km.

Se cuenta con una flota de 13 volquetes para estos circuitos de producción. El estado de las vías es uno de los factores predominantes para una optimización en el transporte, manteniendo el ancho adecuado que es de 8 metros, la gradiente máxima en



las rampas de 10%. El número adecuado de volquetes en la flota permite el continuo flujo de éstos y no haya tiempos de espera por parte del equipo de carguío.

- **Perforación y voladura**

La perforación se realiza con una perforadora Tamrock DX-800, utilizando taladros de 4" de diámetro. La profundidad de los taladros es de 5 m por banco y 0.5 m adicionales de sobreperforación. Se utiliza una malla de perforación triangular, de 2.8 metros x 2.8 metros en mineral y 3 metros x 3 metros en desmonte. Se llega a perforar aproximadamente 70 a 80 taladros por día (turnos día y noche).

Para el diseño de una voladura se toman en cuenta los siguientes parámetros: Tipo de roca, condiciones geológicas, propiedades físico mecánicas de la roca, volumen de roca a ser volada, tipo de explosivos y accesorios en el sistema de iniciación.

El explosivo de iniciación usado es el Booster, y los agentes de voladura son: ANFO, emulsión encartuchada, detonadores no eléctricos, cordón detonante, mecha de seguridad y fulminantes No 8. Las voladuras se realizan al medio día, con proyectos de 200 a 300 taladros en promedio.

- **Servicios auxiliares mina**

Una flota de equipos auxiliares será asignada al proyecto. Ello incluye una cisterna de 4,000 galones, un tractor D6T, una motoniveladora CAT 140K, 01 tractor de orugas CAT D8T, 01 rodillo CS56, 01 tractor de orugas D6T y un cargador frontal CAT 966H.

4.1.1.6. Producción en el pad de lixiviación

El pad de lixiviación de Corihuarmi está emplazado en la zona norte, parte de apilamiento de mineral proveniente del tajo, de acuerdo a los arreglos generales elaborados para este trabajo el apilamiento de mineral tendrá una capacidad aproximada de 4.95 millones de toneladas métricas, lo que equivale a 3 millones de metros cúbicos, extendiéndose sobre un área de aproximadamente 107,420 m².

La disposición de la pila de lixiviación fue realizada según los criterios de diseño y experiencia de Ausenco, la configuración geométrica de la pila considera capas de 8 m de altura promedio, ancho de la banqueta de 9.28m y taludes entre banquetas de 1.34H: 1V, formando un talud global de 2.5H: 1V.

4.1.1.7. Costos de minado

El costo de minado total promedio que se ha tenido en este periodo fue de 2.47 US\$/TM para mineral y para desmonte 1.40 US\$/TM.

Tabla 5: Costos de minado periodo 2012 - 2014.

Actividad	Costo de minado US\$/TM	
	Mineral	Desmonte
Perforación	0.52	0.52
Voladura	0.47	0.11
Carguío	0.26	0.20
Acarreo	0.57	0.30
Carguío CH	0.11	0.00
Acarreo CH	0.21	0.00
empuje	0.09	0.09
Mantenimiento de vías	0.11	0.10
Servicios auxiliares	0.14	0.08
Total:	2.47	1.40

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

4.1.1.8. Flujo de caja

Los resultados del flujo de caja para el periodo de 2012 – 2014, con un precio de oro de 1,350 US\$, fue bastante bueno ya el proyecto genera flujos netos positivos desde el primer año, permitiendo que con estos resultados cubra con las obligaciones financieras de la mina Corihuarmi; asimismo, teniéndose una recuperación de solo 2 años de una inversión total de 32.5 millones de US\$. Véase la siguiente tabla.

Tabla 6: Flujo de caja de la mina Corihuarmi en el periodo 2012 - 2014.

Descripcion de Item	Unid	Año 2012	Año 2013	Año 2014	TOTAL
+ Ventas	US\$	45,139,643.5	33333890.6	28,103,563.90	106,577,098.10
OPEX					
-Costos de Operaciones Mina	US\$	5,147,641.90	5,196,817.00	4,962,647.50	15,307,106.40
-Costos de Procesos	US\$	2,760,000.00	2,760,000.00	2,724,218.00	8,244,218.00
-Costos Administracón	US\$	3,740,000.00	3,740,000.00	3,691,512.80	11,171,512.80
-Costo Ventas	US\$	11,647,641.90	11,696,817.00	11,378,378.30	34,722,837.20
+ Unidad bruta	US\$	33,492,001.60	33,492,001.60	16,725,185.70	71,854,260.90
-Gastos Administrativos	US\$	0.0	0.00	0.00	
+ Utilidad Operativa	US\$	33,492,001.60	21,637,073.60	16,725,185.70	71,854,260.90
CAPEX					
-Inversión Exploraciones	US\$	300,000.00		0.00	300,000.00
-Inversión PAD Fase 5	US\$	2,500,000.00		0.00	2,500,000.00
-Otras Inversiones	US\$	0		0.00	
+ Utilidad Antes de IR	US\$	30,692,001.60		16,725,185.70	69,054,260.90
IMPUESTOS					
-Impuesto a la renta 30%	US\$	9,207,600.50	6,491,122.10	5,017,555.70	20,716,278.30
+ Utilidad Neta	US\$	21,484,401.10	15,145,951.50	11,707,630.00	48,337,982.70

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

Como se puede apreciar en la tabla 6, ya en el segundo año operativo se tiene la recuperación de la inversión, teniéndose además hasta el tercer año operativo un VAN igual a 39'590,021 US\$ a una tasa de 12% y un TIR de 16%.



4.1.2. Proyección de los escenarios de producción

Con la caída del precio de oro a partir del año 2013, la expectativa de la mina Corihuarmi cambio totalmente, generando un cambio total en la rentabilidad esperada a partir del año 2015. Como medida a tomar por la mina Corihuarmi, es proyectar nuevos escenarios de producción que minimicen los costos de producción, lo cual permita aprovechar mejor las reservas remanentes y por obtener una mejor rentabilidad. Véase a continuación todas las implicancias al proyectar nuevos escenarios de producción anual de mineral.

4.1.2.1. Precio del oro

El precio del oro para los nuevos escenarios es de 1,100 US\$/Oz, un precio que aún sigue siendo rentable para la unidad minera Corihuarmi. Sin embargo, si ha tenido impactos importantes, en especial sobre las reservas remanentes.

4.1.2.2. Las reservas remanentes

Las reservas potenciales estimadas en la tabla 4.1: Reservas de los tres tajos de la mina Corihuarmi, se han visto seriamente afectadas tras la caída del precio del oro, ya que con un menor precio, los tajos disminuirían de tamaño, ocasionando que las reservas de mineral antes rentables, pasen a ser desmonte. Véase en la siguiente tabla como serían las reservas con la caída del precio del oro.

Tabla 7: Reservas de los tres tajos de la mina Corihuarmi con un precio de 1,100 US\$/Oz Au.

Tajo	Mineral TM	Ley de Au g/TM	Onzas Au	Desmonte TM	Total de Material TM
Diana	1,377,005	0.32	14,238	836,493	2,213,498
Scree Slope	1,051,944	0.43	14,464	330,815	1,382,759
Cayhua	2,794,741	0.27	24,314	1,290,041	4,084,782
Total:	5,223,690	0.32	53,016	2,457,349	7,681,039

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

Como se aprecia en la tabla 7, la caída del precio ha afectado a las reservas remanentes estimados al principio del estudio, véase en la siguiente tabla cuales serían los impactos.

Tabla 8: Impactos sobre las reservas remanentes de la mina Corihuarmi.

Precio del Au US\$/Oz	Mineral TM	Ley de Au g/TM	Onzas Au	Desmonte TM	Total de Material TM
1,100	5,223,690	0.32	53,016	2,457,349	7,681,039
1,350	8,838,209	0.28	79,508	2,922,195	11,760,404
Pérdida:	-3,614,519	0.04	-26,492	-464,846	-4,079,365

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

De acuerdo a la tabla 8, hay una pérdida de 3.6 MTM en las reservas de mineral, lo cual da también una disminución de las onzas recuperadas en hasta 26,492 menos. Ello, con la producción actual de 6,000 TM/día, genera una pérdida significativa para la unidad minera Corihuarmi.

4.1.2.3. Escenarios de la producción

Los escenarios de producción se proyectarán para aprovechar mejor las reservas remanentes tras la caída del precio del oro. Estos nuevos escenarios de producción serán a partir de las 6,000 TM/día hasta las 12,000 TM/día, es decir, se duplicaría la producción actual para buscar reducir los costos de minado lo que permitiría mantener de alguna manera la ley cut off del periodo 2012 - 2014. Asimismo, estos escenarios no tendrán un

periodo de minado de 325 días por año, sino que de 365 días por año. Véase en la siguiente tabla los escenarios proyectados de producción.

Tabla 9: Escenarios de producción para la mina Corihuarmi.

N° Escenario proyectado	Ritmo de producción planta		Ritmo de producción Mina			
	Mineral		Mineral	Desmante	Total	
	TM/día	TM/año	TM/día	TM/año	TM/año	TM/año
1	6,000	2,190,000	6,738.46	2,190,000	731,460	2,921,460
2	8,000	2,920,000	8,000	2,600,000	868,400	3,468,400
3	9,000	3,285,000	9,000	2,925,000	976,950	3,901,950
4	11,000	4,015,000	11,000	3,575,000	1,194,050	4,769,050
5	12,000	4,380,000	12,000	3,900,000	1,302,600	5,202,600

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 9, se han proyectado un total de 5 escenarios que tienen distintas producciones de mineral y desmante por año. Estos escenarios tendrán impactos sobre: la vida de la mina, los costos de minado, y sobre inversiones requeridas.

- **Impacto sobre la vida de la mina**

El impacto sobre la vida de la mina sin proyectar los escenarios de producción se va dar definitivamente en la mina Corihuarmi. Empero, con los escenarios de producción se quiere aprovechar positivamente este impacto, minando todas las reservas remanentes inicialmente estimados y no sólo las reservas tras la caída del precio del oro. Véase la siguiente tabla.

Tabla 10: Impacto de los escenarios de producción sobre la vida de la mina Corihuarmi.

N° Escenario proyectado	Producción		Reservas Totales	
	TM/día	TM/año	TM	Años
1	6,000	2,190,000	5,223,690	2.39
2	8,000	2,920,000	8,838,209	3.03
3	9,000	3,285,000	8,838,209	2.69
4	11,000	4,015,000	8,838,209	2.20
5	12,000	4,380,000	8,838,209	2.02

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla 10, de continuar con la producción de 6,000 TM/día, si este resulta tener la mejor rentabilidad, las reservas con las que se trabajaría, sería solo de 5.2 MTM, lo cual daría una vida de la mina de 2.39 años, recalcando que sin la caída del precio del oro, esta vida era 4.04 años.

Los demás escenarios buscan aprovechar todas las reservas remanentes con un menor costo de producción, lo cual permite bajar la ley de corte que se puede ver en la tabla 11; esto admitiría obtener una vida de la mina que oscilaría ente 2.02 a 3.03 años. Es decir, una vida de la mina más prolongada.

Tabla 11: Variabilidad de la ley de corte para cada escenario en la mina Corihuarmi.

Escenarios de producción TM/día	Precio del Oro US\$/Oz	Recuperación M. %	Gastos de Venta US\$/Oz	Cut off g/TM Au	
1	6,000	1,100	80%	250	0.27
2	8,000	1,100	80%	200	0.24
3	9,000	1,100	80%	200	0.23
4	11,000	1,100	80%	200	0.25
5	12,000	1,100	80%	200	0.27

Fuente: Elaboración propia.

- **Impacto sobre los costos de minado**

De acuerdo a Durant (2010), al incrementar el ritmo de producción de cualquier proceso productivo, se reducen los costos de producción por unidad del producto. Este principio se conoce como: “ley de costos decrecientes”. Así pues, al proyectar nuevos escenarios de producción anual para la mina Corihuarmi también se cumple esta ley de costos decrecientes. Esta reducción de los costos de minado permitirá aprovechar mejor las reservas remanentes de mineral, pues con la caída del precio de oro, la ley cut off subió de 0.21 g/TM a 0.27 g/TM de Au; sin embargo, con los nuevos escenarios de producción la ley de corte bajo hasta 0.23 g/TM en promedio. Véase las siguientes tablas:

Tabla 12: Costos de minado en mineral de cada escenario de producción.

Escenario de producción TM/día	1	2	3	4	5
	6,000	8,000	9,000	11,000	12,000
Costo por TM de:	US\$/TM	US\$/TM	US\$/TM	US\$/TM	US\$/TM
Perforación	0.52	0.50	0.48	0.56	0.61
Voladura	0.47	0.46	0.45	0.52	0.57
Carguío	0.26	0.25	0.22	0.26	0.28
Acarreo	0.57	0.58	0.60	0.70	0.76
Carguío CH	0.11	0.10	0.09	0.10	0.11
Acarreo CH	0.21	0.20	0.18	0.21	0.23
Empuje	0.09	0.09	0.08	0.09	0.10
Mantenimiento vías	0.11	0.11	0.09	0.10	0.11
Servicios auxiliares	0.14	0.12	0.11	0.13	0.14
Total:	2.48	2.41	2.30	2.67	2.91

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

Tabla 13: Costos de minado en desmonte de cada escenario de producción.

Escenario de producción TM/día	1	2	3	4	5
	6,000	8,000	9,000	11,000	12,000
Costo por TM de:	US\$/TM	US\$/TM	US\$/TM	US\$/TM	US\$/TM
Perforación	0.52	0.48	0.45	0.52	0.57
Voladura	0.11	0.12	0.12	0.14	0.15
Carguío	0.20	0.19	0.18	0.21	0.23
Acarreo	0.30	0.29	0.28	0.32	0.35
Empuje	0.09	0.08	0.07	0.08	0.09
Mantenimiento vías	0.10	0.10	0.11	0.13	0.14
Servicios auxiliares	0.08	0.07	0.07	0.10	0.11
Total:	1.40	1.33	1.28	1.51	1.65

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

Según las tablas 12 y 13, los costos de minado en mineral y desmonte disminuyen hasta el escenario de 9,000 TM/día, pero empiezan a incrementarse a partir de las 10,000 TM/día. Esto se debería, según el departamento de costos de la Mina Corihuarmi, a que una mayor producción requeriría una mayor presencia de equipos en cada tajo lo cual generaría una aglomeración dentro del rango operativo que produciría un retardo en la producción. Un claro ejemplo de esto sería el tránsito de los camiones, el cual sería más lento, necesitando quizás un sistema de despacho que costaría 10 millones de US\$. Esto

es finalmente la ley de costos decrecientes, que para los costos de minado en mineral se puede ver en la siguiente imagen.



Figura 9: Vista de la curva descendente – ascendente en los costos de minado.

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

Como se puede ver en la figura 9, los costos de minado descienden hasta el escenario 3 de 9,000 TM/día, pero después crecen en el escenario 4 y 5.

Para las demás áreas productivas, la tendencia de los costos es casi igual. Esto se puede ver en la siguiente tabla e imagen.

Tabla 14: Costos de producción de cada escenario en la mina Corihuarmi.

Escenarios de producción TM/día	1 6,000	2 8,000	3 9,000	4 11,000	5 12,000
Costos por tonelada de:	US\$/TM	US\$/TM	US\$/TM	US\$/TM	US\$/TM
Costo de minado de mineral	2.48	2.41	2.30	2.67	2.91
Costo de minado de desmonte	1.40	1.33	1.28	1.51	1.65
Costo de proceso - planta	1.51	1.47	1.38	1.45	1.64
Costos administrativos	1.87	1.75	1.67	1.72	1.78
Costo total de producción:	5.86	5.63	5.35	5.84	6.33

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

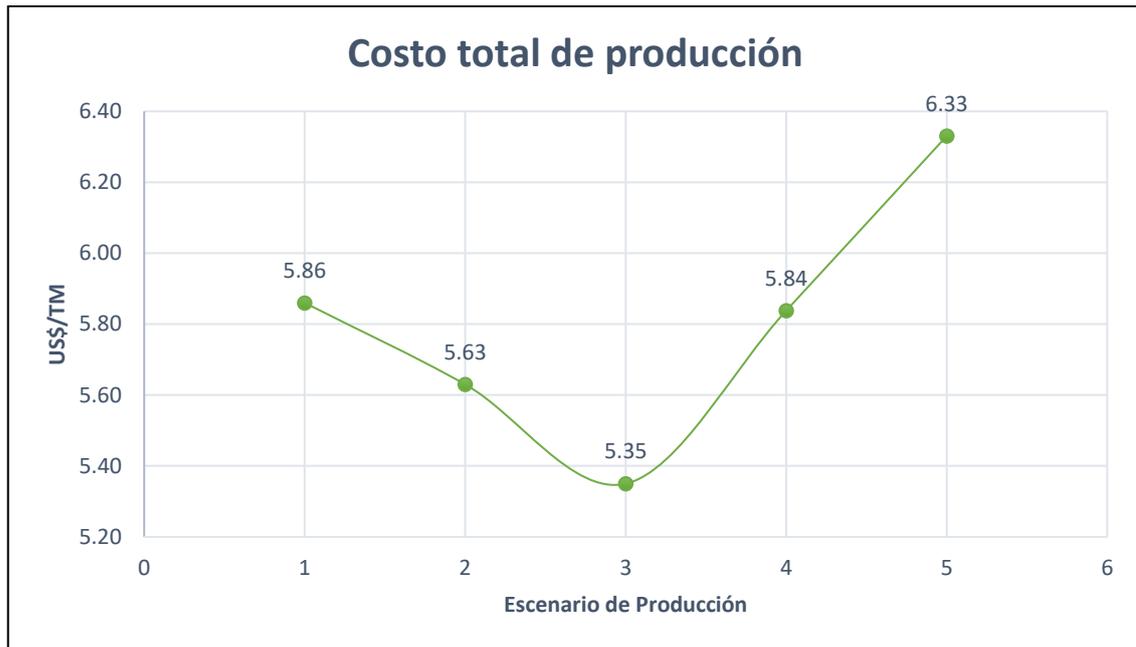


Figura 10: Vista de la curva descendente – ascendente del costo total de producción.

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

En la figura 9, del mismo modo que la figura 10 el comportamiento de los costos obedece a la ley de costos decrecientes, siendo también el escenario 3 de 9,000 TM/día el que tiene menor costo de producción y a partir de ahí, los costos también crecen. Esto podría darnos la expectativa de que el escenario 3 de 9,000 TM/día podría ser el mejor escenario; no obstante, también es necesario revisar el impacto en las inversiones.

- **Impacto sobre las inversiones**

Las inversiones a realizar están acorde al ritmo de producción; requiriendo menor inversión para el escenario de producción 1 de 6,000 TM/día y mayor para el escenario 5 de 12,000 TM/día. Cada inversión condicionará la rentabilidad para la mina Corihuarmi, el cual se evaluará con el VAN y el TIR. A continuación, véase las inversiones requeridas para cada escenario de producción anual en las siguientes tablas.

Tabla 15: Inversión necesario para el escenario 1 de 6,000 TM/día.

Inversiones en:	Categoría	Año 4 2015	Año 5 2016	Inversión total
Exploraciones	CAPEX	545,306.47		545,306.47
Otros	CAPEX	450,000		450,000.00
Total:	CAPEX	997,321.47	2,016.00	999,337.47

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

De acuerdo a la tabla 15, como en el escenario 1 no habrá un aumento de la producción, no es necesario construir ningún PAD de lixiviación.

Tabla 16: Inversión necesario para el escenario 2 de 8,000 TM/día.

Inversiones en:	Categoría	Año 4 2015	Año 5 2016	Inversión total
Exploraciones	CAPEX	545,306.47		545,306.47
PAD Fase 5	CAPEX	2,536,000	1,056,000	3,592,000.00
Otros	CAPEX	923,630		923,630.00
Total:	CAPEX	4,006,951.47	1,058,016.00	5,064,967.47

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

Tabla 17: Inversión necesario para el escenario 3 de 9,000 TM/día.

Inversiones en:	Categoría	Año 4 2015	Año 5 2016	Inversión total
Exploraciones	CAPEX	545,306.47		545,306.47
PAD Fase 5	CAPEX	3,536,000	1,556,000	5,092,000.00
Otros	CAPEX	923,630		923,630.00
Total:	CAPEX	5,006,951.47	1,558,016.00	6,564,967.47

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

Tabla 18: Inversión necesario para el escenario 4 de 11,000 TM/día.

Inversiones en:	Categoría	Año 4 2015	Año 5 2016	Inversión total
Exploraciones	CAPEX	545,306.47		545,306.47
PAD Fase 5	CAPEX	3,536,000	2,056,000	5,592,000.00
Otros	CAPEX	1,963,630		1,963,630.00
Total:	CAPEX	6,046,951.47	2,058,016	8,104,967.47

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

Tabla 19: Inversión necesario para el escenario 5 de 12,000 TM/día.

Inversiones en:	Categoría	Año 4 2015	Año 5 2016	Inversión total
Exploraciones	CAPEX	545,306.47		545,306.47
PAD Fase 5	CAPEX	3,536,000	2,056,000	5,592,000.00
Otros	CAPEX	1,963,630		1,963,630.00
Total:	CAPEX	6,046,951.47	2,058,016.00	8,104,967.47

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

En las tablas 16 hasta 19, se requiere mayor inversión, ya que se está incrementando la producción anual por lo que es necesario construir un Pad fase 5 que tendrá una envergadura variable al ritmo de producción. Véase el comportamiento de las inversiones en la siguiente imagen.

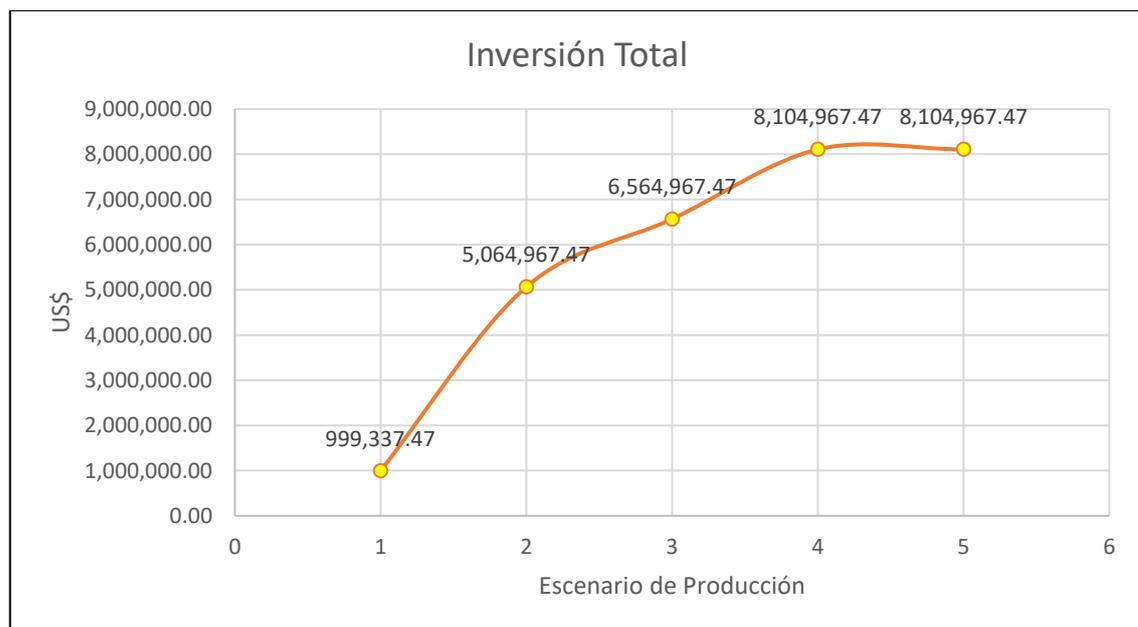


Figura 11: Comportamiento de las inversiones en cada escenario de producción.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.4. Diseño de los tajos operativos

Dentro de un contexto inicial u original en la mina Corihuarmi, los tajos Diana, Cayhua y Scree Slope habían sido diseñados operativamente para minar los 8.8 MTM de



mineral cuando el precio del oro estaba 1,350 US\$/Oz. En los escenarios de producción de 8,000 a 12,000 TM/días correspondientes a los escenarios 2 hasta el 5, los diseños originales se mantendrán, los cuales pueden verse en los planos del anexo N° 02.

Mientras que, para el escenario 1 de 6,000 TM/día, los tajos Diana, Cayhua y Scree Slope fueron rediseñados para minar sólo 5.2 MTM de mineral, esto debido a la caída del precio del oro a 1,100 US\$/Oz. Del mismo modo, el rediseño de los tajos puede verse en los planos del anexo N° 03.

4.2. EVALUANDO LA RENTABILIDAD DE LOS ESCENARIOS DE PRODUCCIÓN DE MINERAL ANUAL

En este punto se va a evaluar la rentabilidad de cada escenario de producción anual del mineral teniéndose como base el flujo de caja y los indicadores financieros como el VAN y el TIR.

Para ello se va a definir cada ítem que intervendrá en el flujo de caja para la unidad minera Corihuarmi:

- **Costo de operaciones mina**

Son los costos operacionales de mina que se ha incurrido al extraer mineral y remover desmonte de cada frente de minado. Esto incluye a la mano de obra, el tipo de equipo empleado, y los recursos utilizados. Estos costos se agrupan en:

- Costos de perforación.
- Costos de voladura.
- Costos de carguío.
- Costos de acarreo.



- Mantenimiento de vías.
- Servicios auxiliares.
- **Costo proceso – planta**

Son los costos de procesar el mineral que comienza en la chancadora y termina en la planta. Estos costos varían en función al tonelaje que se deposita en pad de lixiviación. Al igual que en mina se han distribuido los costos de energía y talleres en el proceso de tratamiento.

- **Costos de administración**

En el costo de administración se han considerado, todos los gastos que se incurren en las áreas administrativas, como son:

- Superintendencia general
- Planeamiento
- Geología
- Almacén
- Seguridad
- Recursos humanos

Desde el punto a) hasta el punto c), constituyen los costos operativos de la mina Corihuarmi.

- **Ventas**

Es el ingreso bruto por venta del oro comercializado a clientes específicos.



- **Impuesto a la Renta**

De acuerdo gob.pe (2018), El impuesto a la renta es un tributo que se determina anualmente y su ejercicio inicia el 01 de enero y finaliza el 31 de diciembre.

Este impuesto se aplica a los ingresos que provienen del arrendamiento u otro tipo de cesión de bienes muebles o inmuebles, acciones u otros valores mobiliarios, y/o del trabajo realizado de forma dependiente o independiente.

4.2.1. Flujos de caja de los escenarios de producción anual

A continuación, se muestra los flujos de cajas analizados para cada escenario de producción propuesto:

4.3.1.1. Escenario 1 – 6,000 TM/día

El flujo de caja para este escenario se elaboró teniendo en cuenta todos los ítems ya mencionados y asumiendo como base el plan de minado anual de 6,000 TM/día que se puede ver en el anexo N° 04. Véase la siguiente tabla:

Tabla 20: Flujo de caja del escenario 6,000 TM/día.

Descripción de Item	Unid Año 2015	Año 2016	Año 2017	TOTAL
+ Ventas	US\$ 21066710.22	18.58\$273.72	66830421	46338648.
OPEX				
- Costos de Operaciones Mina	US\$ 6,455,244.00	6,455,244.00	2,106,351.20	15,016,839.20
- Costos de Proceso - Planta	US\$ 3,306,900.00	3,306,900.00	1,273,971.90	7,887,771.90
- Costos Administration	US\$ 4,095,300.00	4,931,152.	4,901,038.	13,927,490.40
- Costo operativo total	US\$ 13,857,444.00	14,693,296.	8,281,361.	36,832,101.50
+ Utilidad Operativa	US\$ 7,209,266.22	3,894,978.	-1,597,697.	9,506,547.
CAPEX				
- Inversion Exploraciones	US\$ 545,306.47			545,306.
- Inversion PAD Fase 5	US\$			0.00
- Otras Inversiones	US\$ 450,000.00			450,000.00
+ Utilidad Antes de Impuesto Renta	US\$ 6,213,959.75	3,894,978.	-1,597,697.	8,511,240.
IMPUESTOS				
- Impuesto a ti Renta %30	US\$ 1,864,187.93	1,168,493.	-479,309.	2,553,372.
+ Utilidad con Impuesto a la Renta	US\$ 4,349,771.83	2,726,484.30	-1,118,388.00	5,957,868.
+Actunulado	US\$ 4,349,771.83	7,076,256.	5,957,868.	

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

En la tabla 20, se puede apreciar que la rentabilidad operativa acumulada en el flujo de caja para el escenario de 6,000 TM/día es igual a 5.9 millones de dólares. Esto, aparentemente, nos indica que aún existe una buena rentabilidad de continuar la producción de 6,000 TM/día; sin embargo, para el año 2017 habría una pérdida de hasta 1.1 millones de US\$. Ello es catastrófico. Pues de seguir minando con una producción de 6,000 TM/día sólo sería rentable minar hasta el año 2016. Acortando aún más la vida de la mina de 2.39 años a sólo 2 años.

4.2.1.2. Escenario 2 – 8,000 TM/día

El flujo de caja para este escenario se elaboró también teniendo sus respectivos ítems y asumiendo como base el plan de minado anual de 8,000 TM/día que se puede ver en el anexo N° 04. Véase la siguiente tabla.

Tabla 21: Flujo de caja del escenario 8,000 TM/día.

Descripción de Items	Unid	Año 2015	Año 2016	Año 2017	TOTAL
+ Ventas	USS	26,436,655.96	23,132,073.97.	20,358,549.62.	69,927,279.55.
OPEX					
- Costos de Operaciones Mina	USS	8,334,322.40.	8,329,474.55.	8,488,066.49.	25,151,863.44.
- Costos de Proceso- Piada	USS	4,292,400.00	4,292,400.00.	4,407,367.23	12,992,167.23.
- Costos Administración	USS	5,110,000.00.	5,110,000.00.	5,246,865.75.	15,466,865.75
- Costo operativo total	USS	17,736,722.40.	17,731,874.55.	18,142,299.47.	53,610,896.42.
+ Utilidad Operativa	USS	8,699,931.56	5,400,199.42.	2,216,250.15.	16,316,383.13.
CAPEX					
- Inversión Financiero	USS	545,306.47.			545,306.47.
- Inversión PAD Fase 5	USS	2,536,000.00.	1,056,000.00		3,592,000.00.
- Otras Inversiones	USS	923,630.00.			923,630.00.
+ Utilidad Antes de Impuesto	USS	4,694,997.09.	4,344,199.42.	2,216,250.15.	11,255,446.66.
Renta					
EMPUESTOS					
- Impuesto a la Renta 30 %	USS	1,408,499.13.	1,303,259.83.	664,875.04.	3,376,634.00.
+ Utilidad con Impuesto a la Renta	USS	3,286,497.96.	3,040,939.59.	1,551,375.10.	7,878,812.66.
— Acumulado	USS	3,286,497.96.	6,327,437.56.	7,878,812.66.	

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

En la tabla 21, se puede apreciar que la rentabilidad operativa acumulada en el flujo de caja para el escenario de 8,000 TM/día es igual a 7.88 millones de dólares. Esto, nos indica que los resultados de este escenario 2 de producción, es mejor en comparación a la producción de 6,000 TM/día. Asimismo, no hay flujos negativos que condicione la vida de la mina.

4.2.1.3. Escenario 3 – 9,000 TM/día

El flujo de caja para este escenario se elaboró también teniendo sus respectivos ítems y asumiendo como base el plan de minado anual de 9,000 TM/día que se puede ver en el anexo N° 04. Véase la siguiente tabla.

Tabla 22: Flujo de caja del escenario 9,000 TM/día.

Descripción de Items	Unid	Mío 2015	Año 2016	M.o 2017	TOTAL
+ Verlas	USS	30)15,706.77	2407,444.35	15,401,676.62.	71,024827.74
OPEX					
- Costos de Operaciones Mina	USS	9,070,961.12.	8,980,956.64.	6916,385.34	24,068,303.10.
- Costos de Proceso - Planta	USS	4,533,300.00.	4,533,300.00.	3,130,128.42.	12196,728.42
-Costos administración	USS	5,485,950.00.	5485,950.00	3,787,909.03.	14,759,809.03.
- Costo operativo total	USS	19990,211.12	19900,206.64	12,934,42239	51,024,840.55.
+ Utilidad Operativa	USS	11,725,495.65.	5,807,237.71.	2,467,253.83.	19,999,987.19.
CAPEX					
- Inversión Exploraciones	USS	545,306.47.	00,0.00.	00,0.00.	545,306.47.
- Inversión PAD Fase 5	USS	3,536,000.00.	1,556,000.00.	00,0.00.	5092,000-00
- Otras Inversiones	USS	923,630.00.		00,0.00.	923,630.00.
+ Utilidad Antes de Impuesto Renta	USS	6,720,559.19.	4,251,237.71	2,467,253.83.	13,439,050.73.
IMPUESTOS					
- Impuesto a la Renta %30	USS	2016,167.76	1,275,371.31.	740,176.15.	4,031,71522
+ Utilidad con Impuesto a la Renta	USS	4,704,391.43.	2,975,866.40.	1,727,077.68.	9,407,335.51.
+ Acumulado	USS	4,704,391.43.	7,680,258.	9,407,335.51.	

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

En la tabla 22, se puede apreciar que la rentabilidad operativa acumulada en el flujo de caja para el escenario de 9,000 TM/día es igual a 9.41 millones de dólares. Esto, nos indica que los resultados de este escenario 3 de producción, es aún mejor que el escenario 2 de 8,000 TM/día. En este escenario 3 tampoco no hay flujos negativos que condicione la vida de la mina.

4.2.1.4. Escenario 4 – 11,000 TM/día

Del mismo modo que los flujos de caja anteriores, este flujo de caja se elaboró teniendo como base el plan de minado anual de 11,000 TM/día que se puede ver en el anexo N° 04. Véase la siguiente tabla.

Tabla 23: Flujo de caja del escenario 11,000 TM/día.

Descripción de Items	Unid	Año 2015	Año 2016	Año 2017	TOTAL
+ Verlas	USS	37,451.352.01	28,195,751.52.	5,030,603.08.	71:1915,706.62
OPEX					
- Costos de Operaciones Mina	USS	12898,620.00	12,521,620.00.	2,566,771.67.	27,987,011.67.
- Costos de P roce so - Planta	USS	5,821,750.00.	5,821,750.00.	1,171,903.05.	12,815,403.05.
- Costos Administración	USS	6,905,800.00.	6,905,800.00.	1,390,119.48.	15,201,719.48.
- Costo operativo total	USS	25,626,170.00.	25,249,170.00.	5,12829420	56,004,13420
+ Utilidad Operativa	USS	11,860,182.01.	3,149,581.52.	-98,191.12.	14,911,572.41.
CAPEX					
-Inversión Exploraciones	USS	545,306.47.			545,306.47.
- Inversión PAD Fase 5	USS	3,536,000.00.	2,056,000.00.		5,592,000.00.
- Otras Inversiones	USS	1,963,630.00.			1,963,630.00.
+ Utilidad Antes de Impuesto Renta	USS	5,815,245.54.	1,093,581.52.	-98,191.12.	6,810,635.94.
IMPUESTOS					
- Impuesto a la Redil % 30	USS	1,744,573.66.	328,074.46.	-29,457.34.	2,043,190.78.
+ Utilidad con Impuesto a la Renta	USS	4,070,671.88.	765,507.07.	-68,733.78.	4,767,445.16.
+ Acumulado	USS	4,070,671.88.	4,836,179.	4,767,445.16.	

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

En la tabla 23, se puede apreciar que la rentabilidad operativa acumulada en el flujo de caja para el escenario de 11,000 TM/día es igual a 4.77 millones de dólares. Esto, nos indica que los resultados de este escenario 4 de producción, ya no son tan buenos como los anteriores escenarios de producción. Es más, en este escenario 4 se presenta nuevamente un flujo negativo en el tercer año de producción que definitivamente condiciona la vida de la mina al igual que el escenario 1, pues la vida de la mina se reduciría de 2.20 años a 2 años para este escenario de producción 4.

4.2.1.5. Escenario 5 – 12,000 TM/día

Para este último escenario de producción, su flujo de caja se elaboró teniendo en cuenta los ítems, así como el plan de minado anual de 12,000 TM/día que se puede ver en el anexo N° 04. Véase la siguiente tabla.

Tabla 24: Flujo de caja del escenario 12,000 TM/día.

Descripción de Items	Unid	Año2015	Año2016	TOTAL
+Ventas	US\$	37,176,547.45	32,794,986.90	69,971,534.35
OPEX				
Costo de Operación Mina	US\$	15,117,120.00	15,379,458.15	30,496,578.15
Costo de Proceso - Planta	US\$	7,183,200.00	7,311,462.76	14,494,662.76
Costo Administración	US\$	7,796,400.00	7,935,612.02	15,732,012.02
Costo operativo total	US\$	30,096,720.00	30,626,532.93	60,723,252.93
Utilidad Operativa	US\$	7,079,827.45	2,168,453.97	9,248,281.41
CAPEX				
Inversión Exploración	US\$	545,306.47		545,306.47
Inversión PAD Fase 5	US\$	3,536,000.00	2,056,000.00	5,592,000.00
Otras Inversiones	US\$	1,963,630.00		1,963,630.00
Utilidad Antes de Impuestos Renta	US\$	1,034,890.98	112,453.97	1,147,344.94
IMPUESTOS				
Impuesto a la Renta % 5	US\$	51,744.55	5,622.70	57,367.25
Utilidad con Impuesto a la Renta	US\$	983,146.43	106,831.27	1,089,977.70
Acumulado	US\$	983,146.43	1,089,977.70	

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

En la tabla 24, se puede apreciar que la rentabilidad operativa acumulada en el flujo de caja para el escenario de 12,000 TM/día es igual a 1.09 millones de dólares. Esto, nos indica que los resultados de este escenario 5 de producción, es el peor de todos los escenarios de producción. Sin embargo, en este escenario 5 no hay flujos negativos que condicione la vida de la mina.

4.2.2. Valor actual neto y el TIR de los escenarios de producción anual

Habiendo elaborado los flujos de caja de cada escenario de producción, en este punto se va a determinar el valor actual neto (VAN) y el TIR, dos indicadores financieros que nos permitirán elegir el escenario de producción anual con mejor rentabilidad para la unidad minera Corihuarmi tras la caída del precio del oro. Véase las siguientes tablas:



Tabla 25: VAN y TIR del escenario de producción 1 - 6,000 TM/día.

Flujo de caja 2012 - 2014		Flujo de caja 2015 - 2017	
Categoría del Flujo	Valor US\$	Categoría del Flujo	Valor US\$
Inversión total	-32,500,000.00	Flujo año 2015	4,349,771.83
Flujo año 2012	21,484,401.15	Flujo año 2016	2,726,484.30
Flujo año 2013	15,145,951.53	Flujo año 2017	-1,118,388.00
Flujo año 2014	11,707,629.98	WACC:	12%
VAN US\$:	5,261,214.95	TIR %:	19.46%

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

Conforme a la tabla 25, el VAN del escenario 1 de 6,000 TM/día asciende a 5.26 millones de US\$ para un WACC de 12%; mientras que, el TIR es igual a 19.46%.

Cabe mencionar que, el cálculo del VAN se realizó con los flujos a partir del año 2015; en tanto el TIR se calculó teniendo en cuenta todos los flujos a partir del año 2012 y también la inversión total antes del inicio de las operaciones. Si bien el TIR debería calcularse solo teniendo en cuenta la producción proyectada, esto no es posible ya que al estar operativa la mina Corihuarmi, las inversiones se descuentan de los ingresos, así como se puede ver en las tablas 20 hasta la 24. Asimismo, el TIR mide la rentabilidad del proyecto en el tiempo en base a una inversión inicial. Es por ello que, el TIR se calculó teniendo en cuenta todos los flujos a partir del año 2012.

Tabla 26: VAN y TIR del escenario de producción 2 - 8,000 TM/día.

Flujo de caja 2012 - 2014		Flujo de caja 2015 - 2017	
Categoría del Flujo	Valor US\$	Categoría del Flujo	Valor US\$
Inversión total	-32,500,000.00	Flujo año 2015	3,286,497.96
Flujo año 2012	21,484,401.15	Flujo año 2016	3,040,939.59
Flujo año 2013	15,145,951.53	Flujo año 2017	1,551,375.10
Flujo año 2014	11,707,629.98	WACC:	12%
VAN US\$:	6,462,829.76	TIR %:	20.03%

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

De acuerdo a la tabla 26, el VAN del escenario 2 de 8,000 TM/día asciende a 6.46 millones de US\$ para un WACC de 12%; mientras que, el TIR es igual a 20.03%.

Tabla 27: VAN y TIR del escenario de producción 3 - 9,000 TM/día.

Flujo de caja 2012 - 2014		Flujo de caja 2015 - 2017	
Categoría del Flujo	Valor US\$	Categoría del Flujo	Valor US\$
Inversión total	-32,500,000.00	Flujo año 2015	4,704,391.43
Flujo año 2012	21,484,401.15	Flujo año 2016	2,975,866.40
Flujo año 2013	15,145,951.53	Flujo año 2017	1,727,077.68
Flujo año 2014	11,707,629.98	WACC:	12%
VAN US\$:	7,801,991.74	TIR %:	20.79%

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

Según la tabla 27, el VAN del escenario 3 de 9,000 TM/día asciende a 7.80 millones de US\$ para un WACC de 12%; mientras que, el TIR es igual a 20.79%.

Tabla 28: VAN y TIR del escenario de producción 4 - 11,000 TM/día.

Flujo de caja 2012 - 2014		Flujo de caja 2015 - 2017	
Categoría del Flujo	Valor US\$	Categoría del Flujo	Valor US\$
Inversión total	-32,500,000.00	Flujo año 2015	4,070,671.88
Flujo año 2012	21,484,401.15	Flujo año 2016	765,507.07
Flujo año 2013	15,145,951.53	Flujo año 2017	-68,733.78
Flujo año 2014	11,707,629.98	WACC:	12%
VAN US\$:	4,195,862.66	TIR %:	18.80%

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.



Conforme a la tabla 28, el VAN del escenario 4 de 11,000 TM/día asciende a 4.19 millones de US\$ para un WACC de 12%; mientras que, el TIR es igual a 18.80%.

Tabla 29: VAN y TIR del escenario de producción 5 - 12,000 TM/día.

Flujo de caja 2012 - 2014		Flujo de caja 2015 - 2016	
Categoría del Flujo	Valor US\$	Categoría del Flujo	Valor US\$
Inversión total	-32,500,000.00	Flujo año 2015	983,146.43
Flujo año 2012	21,484,401.15	Flujo año 2016	106,831.27
Flujo año 2013	15,145,951.53		
Flujo año 2014	11,707,629.98	WACC:	12%
VAN US\$:	962,974.54	TIR %:	16.66%

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

Conforme a la tabla 29, el VAN del escenario 5 de 12,000 TM/día sólo asciende a 0.96 millones de US\$ para un WACC de 12%; mientras que, el TIR es igual a 16.66%.

POR ELLO: Como se ha podido ver en las tablas 4.24 hasta el 4.28, el escenario de producción con mejor rentabilidad en base al VAN y el TIR es el escenario 3 de 9,000 TM/día que tiene un VAN igual a 7.80 millones de US\$ para un WACC de 12%; y un TIR de 20.79%. Esto lo podemos corroborar en los siguientes gráficos.

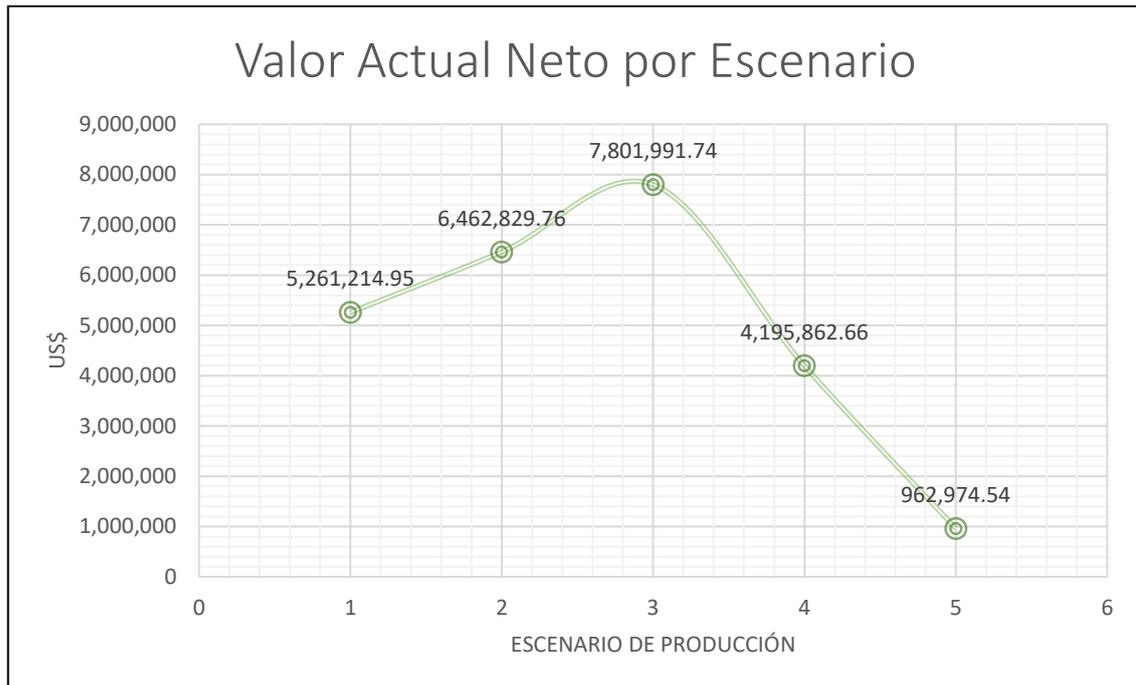


Figura 12: Valor actual neto de los 5 escenarios de producción.

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

Como se aprecia en la figura 12, el escenario 3 de 9,000 TM/día que tiene el mejor VAN, siendo el valor pico del gráfico con 7.80 millones de US\$. Asimismo, el segundo mejor valor es el escenario 2 de 8,000 TM/día que tiene un VAN que asciende a 6.46 millones de US\$.

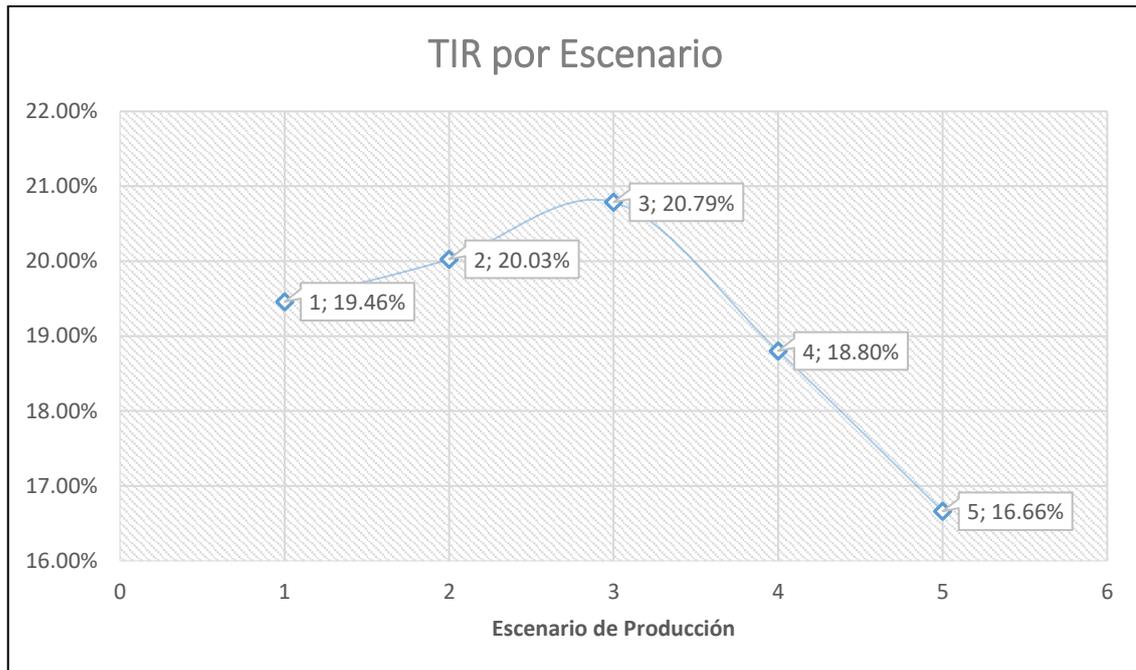


Figura 13: Valores del TIR de los 5 escenarios de producción.

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

En la figura 13, el TIR tiene un comportamiento similar al VAN ya que el escenario 3 de 9,000 TM/día tiene el mejor TIR, siendo el valor pico del gráfico con 20.79%. Asimismo, el segundo mejor valor también es el escenario 2 de 8,000 TM/día que tiene un TIR igual a 20.03%.

4.2.3. Análisis de la rentabilidad

Este análisis de la rentabilidad de la mina Corihuarmi permitirá evaluar los resultados obtenidos en cuanto a la proyección de nuevos escenarios en todo el contexto de la operatividad de la mina Corihuarmi con la caída del precio del oro a 1,100 US\$/Oz de Au. Por tal motivo, se harán comparativos del VAN y el TIR obtenidos versus las inversiones, vida de la mina y los costos de minado. Véase las siguientes imágenes.

- **Situación de las inversiones**

Para la mina Corihuarmi ha sido importante decidir en invertir sobre el proyecto o no invertir para ganar más.

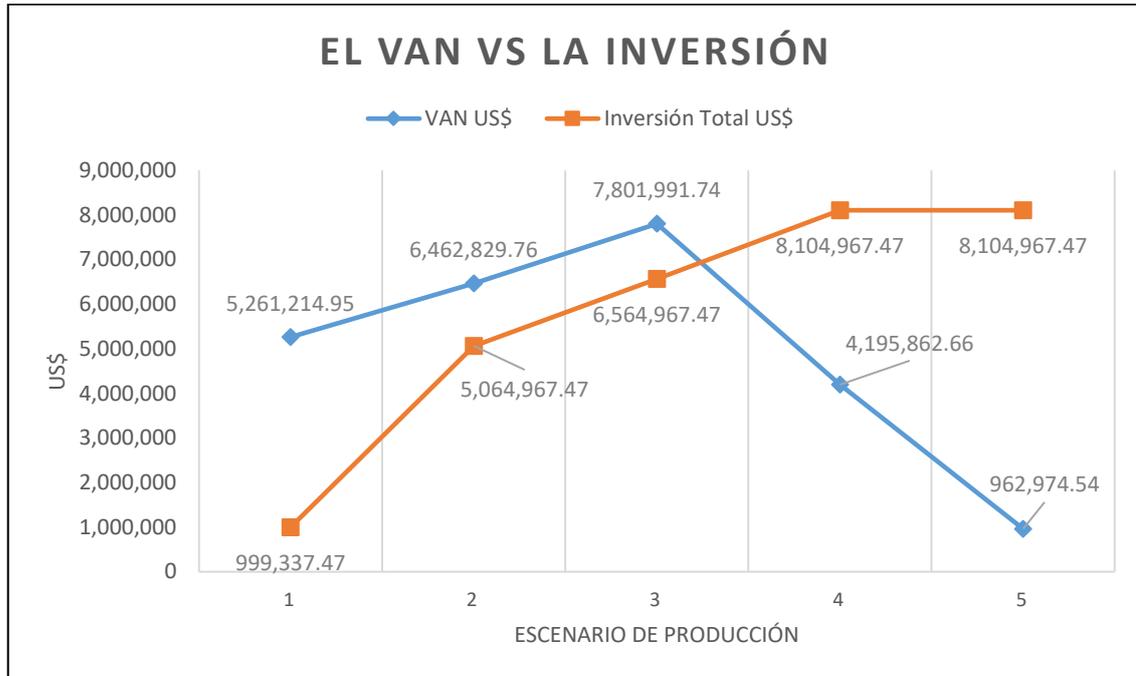


Figura 14: Comportamiento del VAN de cada escenario de producción vs la inversión.

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

Contrariamente de lo que se podría pensar, no es viable el NO INVERTIR. De acuerdo a la figura 14, en el escenario 1 de 6,000 TM/día, no se hace una inversión real y si bien el VAN de este escenario asciende a 5.26 millones de US\$; de continuar con una producción de 6,000 TM/día el VAN de este escenario es inferior a los escenarios 2 y 3, en los cuales si se hace una inversión grande. Asimismo, tampoco es viable invertir más de 6.5 millones de US\$, pues en lugar de mejorar el VAN, este podría ser mucho peor que el escenario 1.

- **Situación de la vida de la mina**

La mina Corihuarmi ha logrado recuperar su inversión inicial en el periodo 2012 – 2014. Pero no ha logrado tener grandes utilidades, es por ello que, con los escenarios de producción, busca obtener mayor ganancia. ¿Esto será posible con una mayor vida de la mina?

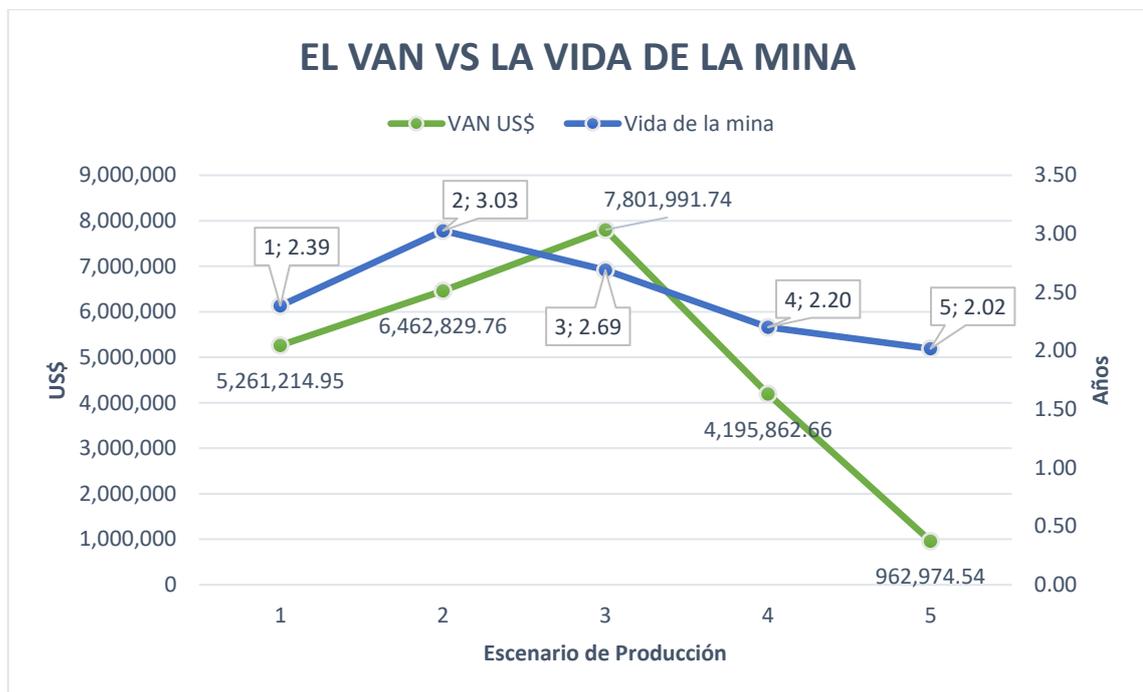


Figura 15: Comportamiento del VAN vs la vida de la mina de cada escenario.

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

La vida de una mina está estrechamente relacionado a las reservas minables y a la envergadura del proyecto. Por ello, la vida de la mina si influye sobre el VAN. Esto no quiere decir que con menor vida de la mina mayor será el VAN. Según la figura 15, el escenario 1 de 6,000 TM/día, tiene menor cantidad de vida proyectada, esto no se debe a una mayor envergadura, sino a que, con la caída del precio del oro, las reservas se vieron afectadas. Del escenario 2 al 5, habría un cambio de producción, lo cual permitiría aprovechar mejor las reservas minables, ello incrementaría la vida de la mina Corihuarmi.

A partir del escenario 2, la vida de la mina está condicionada a la envergadura del proyecto; siendo el que tiene mejor vida el escenario 2 de 6,000 TM/día y el peor el escenario 5. Si por algún motivo fuera necesario priorizar la vida de la mina, el escenario 2 sería la mejor alternativa, y no sólo porque tiene mayor vida, sino que este escenario de producción tiene el segundo mejor VAN. No obstante, para la mina Corihuarmi es más importante la rentabilidad, por ello el escenario 3 sigue el mejor escenario.

- **Situación de la vida de la mina respecto al TIR**

Como ya se mencionó, la mina Corihuarmi logró recuperar su inversión inicial en el periodo 2012 – 2014. El TIR mide el retorno del proyecto, por ello, el TIR no tendría grandes cambios con los nuevos escenarios de producción. Sin embargo, ¿El cambio de la vida de la mina afectará el TIR?

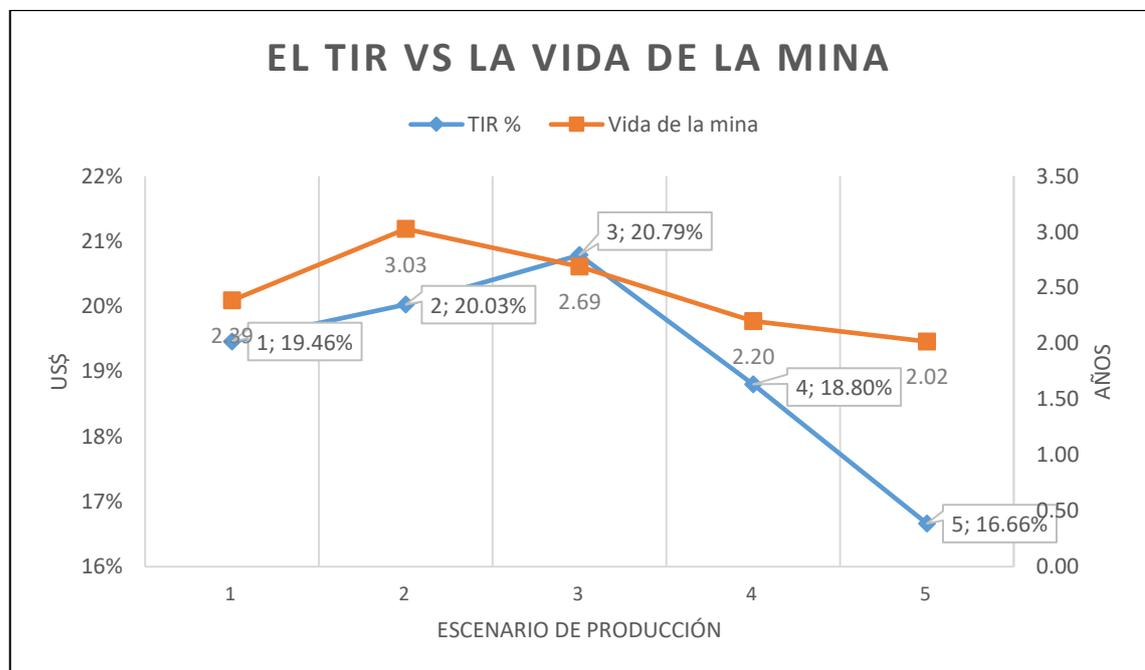


Figura 16: Comportamiento del TIR vs la vida de la mina de cada escenario.

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.

El TIR de la mina Corihuarmi, no tiene grandes cambios. Y como el TIR este directamente relacionado al VAN, el cambio de la vida de la mina, si afecto en menor escala al TIR. Conforme a la figura 16, el escenario 3 tiene el mejor TIR con la 2da mejor vida de la mina, mientras que el escenario 2, tiene el 2do mejor TIR con la mejor vida de la mina.

Cabe mencionar que si la mina Corihuarmi no hubiese recuperado su inversión inicial en el periodo 2012 – 2014, el TIR hubiese sido un factor relevante en la evaluación de la rentabilidad de la mina Corihuarmi.

- **Situación de los costos de producción**

Con la caída del precio del oro a 1,100 US\$/Oz de Au, los costos de producción han sido FUNDAMENTALES para la mina Corihuarmi en aprovechar mejor las reservas bajando la ley de corte. Entonces, ¿Los costos de producción repercutieron en el VAN?

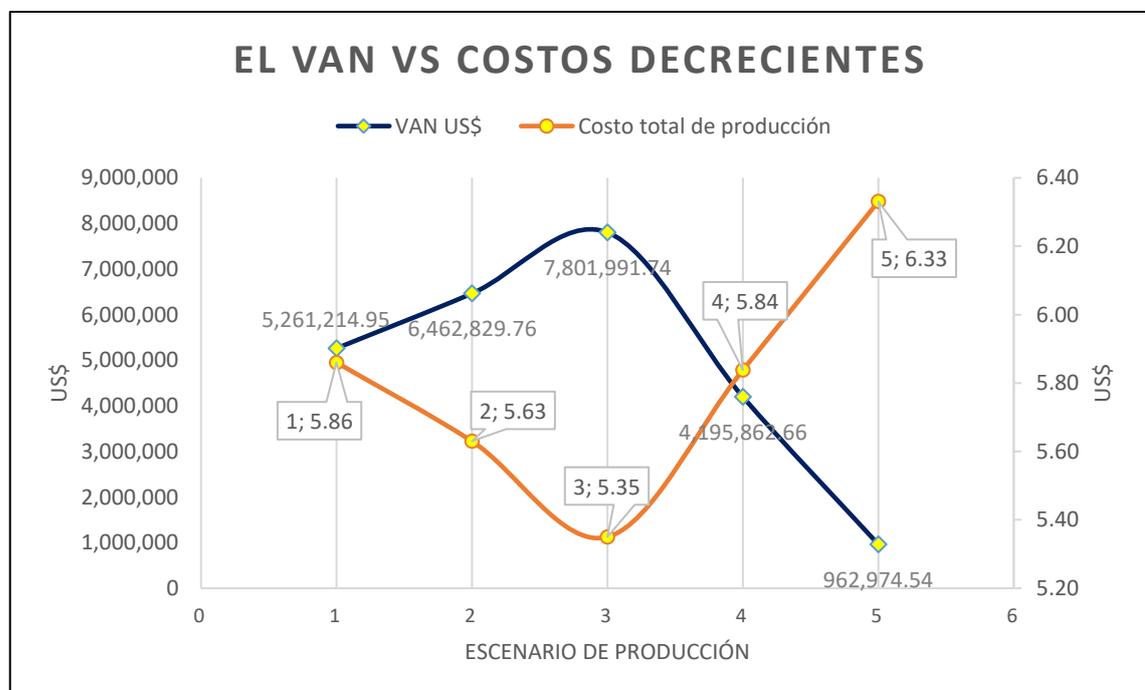


Figura 17: La ley de costos decrecientes vs el VAN de cada escenario de producción.

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi.



Lo que repercutió fuertemente en el VAN para cada escenario de producción fue LA LEY DE COSTOS DECRECIENTES. Ya que al realizar inversiones dentro de la mina Corihuarmi, se logró reducir los costos de producción. De acuerdo a la figura 17, el escenario 3 de 9,000 TM/día tiene el mejor VAN y si bien se ha visto otros factores que aportaron en este escenario 3, los costos de producción han tallado en el resultado del VAN, pues ni el escenario 2, 4 y 5 con otros mejores factores contra productores como mayor vida de mina, mayor inversión, menor vida y menor inversión; han podido ser mejor que el escenario 3 de 9,000 TM/día que tiene el menor costo de producción igual a 5.35 US\$/TM.

4.3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En comparación con otros trabajos de investigación como referencia con esta tesis, se obtuvieron los siguientes resultados:

En comparación a Arteaga y Lopez (1991), esta tesis ha evaluado la rentabilidad de la mina Corihuarmi teniendo en cuenta todos los aspectos propios de esta mina. Se diseñaron distintos flujos de caja para cada escenario de producción, siendo el más rentable el escenario 3 de 9,000 TM/día que tiene un VAN igual a 7.80 millones de US\$. Este escenario 3 tiene su propio grado de inversión, su vida de mina, su costo de producción y sus tajos operativos son más amplios que el escenario 1 de 6,000 TM/día.

En comparación a Morán (2012), en esta tesis también se va a realizar la construcción de un Pad de lixiviación correspondiente a la fase 5, ello con la finalidad de implementar el escenario 3 de 9,000 TM/día. Si bien este escenario 3 traerá beneficios en la rentabilidad de la mina Corihuarmi, la envergadura de su inversión también afectará a las operaciones de planta y minado. Sin embargo, la mina Corihuarmi siempre ha



trabajado respetando la normativa vigente, así como los estándares de trabajo, por ello se espera operaciones seguras y óptimas.

En comparación a Quispe (2012), esta tesis no realiza un diseño del pit operativo, pero al ampliar su producción de un escenario 1 de 6,000 TM/día a un escenario 3 de 9,000 TM/día, se descarta el rediseño de los tajos tras la caída del precio del oro a 1,100 US\$/Oz el cual reducía las reservas minables a 5.22 MTM de mineral, es decir, generando una pérdida en reservas en 3.6 MTM. Al ampliar la producción, las reservas se aprovecharán mejor pues se logra bajar la ley de corte del oro y por ende se logra una mayor rentabilidad que para el escenario 3 de 9,000 TM/día que tiene el mejor VAN igual a 7.80 millones de US\$.

En comparación a Venegas (2009), la ampliación de la producción de la mina Corihuarmi a un escenario 3 de 9,000 TM/día el cual tiene el mejor VAN, se sostiene en tres puntos relevantes: 1) Los costos de producción, que se sostiene en la ley de costos decrecientes impactados directamente por la envergadura de la inversión. Dentro de esta ley de costos decrecientes, el escenario 3 posee el menor costo de minado proyectado. 2) Las reservas, que fueron mejor aprovechadas con la realización de una buena inversión que bajo la ley de corte con un menor costos de minado. 3) Gerencia de la mina Corihuarmi, ha estado abierta al cambio y a nuevas posibilidades, también posee amplia experiencia, haciendo posible la implementación del escenario 3 de 9,000 TM/día.

En comparación a Muñoz (2006), la ampliación de la producción de la mina Corihuarmi a un escenario 3 de 9,000 TM/día el cual tiene el mejor VAN, también tiene su eje en una mayor cantidad de reservas, pues no es posible ampliar la producción y obtener mayor rentabilidad si las reservas no sostienen la envergadura de la operación. En este estudio, el escenario 4 y 5, a pesar de tener una mayor inversión y una mayor



envergadura de la operación, el resultado del VAN de ambos escenarios es aún peor que el escenario 1 de 6,000 TM/día. Esto nos muestra que existe un tope en el ritmo de producción que está directamente relacionada con las reservas de un proyecto minero.



V. CONCLUSIONES

Las reservas remanentes de mineral de la unidad minera Corihuarmi si se logran aprovechar con la proyección de nuevos escenarios de producción. Esto se debe principalmente a la ley de costos decrecientes que se genera con los nuevos escenarios de producción. Ello permitió reducir la ley de corte de 0.27 g/TM de Au hasta 0.23 g/TM. De esta manera las reservas a minar pasan a ser 8.84 MTM y ya no 5.22 MTM tras la caída del precio del oro a 1,100 US\$/Oz de oro.

Dentro de la proyección de nuevos escenarios de producción, el mejor escenario fue el 3 de 9,000 TM/día que logra un VAN igual a 7.80 millones de US\$ para un WACC de 12%; y un TIR de 20.79%. Con el escenario 3 se logra mejorar rentabilidad para la mina Corihuarmi tras la caída del precio del oro a 1,100 US\$/Oz de oro.

Finalmente, es bastante viable invertir nuevamente en la mina Corihuarmi, pues con esto se logra bajar los costos de minado, aprovechar mejor las reservas minables, aumentar la vida de la mina y por ende mejorar la rentabilidad de la mina Corihuarmi. Asimismo, la inversión a realizar estaría dentro de la categoría CAPEX, ello permitiría pagar la inversión con los ingresos de la mina sin generar intereses.



VI. RECOMENDACIONES

Las reservas de mineral de cualquier mina influyen en la vida de la mina, la envergadura y también su rentabilidad. Por ello, se recomienda estimar los recursos del yacimiento de la mejor manera tanto en su tonelaje como en su ley. Ello permite al ingeniero de minas flexibilizar su análisis ante cualquier cambio sobre las condiciones de mercado.

El VAN es un indicador financiero que depende directamente del flujo de caja; es por ello que, el flujo de caja es un ítem fundamental para lograr una buena evaluación de una mina. Se recomienda elaborar el flujo de caja teniendo en cuenta el plan de minado y todos los ítems que puedan intervenir el flujo de dinero.

La ampliación de la producción en cualquier mina abre un abanico de posibilidades de mejorar la rentabilidad de la mina. Esto sólo se logra invirtiendo más sobre la mina para aumentar su envergadura. Por ello, se recomienda invertir no sólo para procesar mayor cantidad de mineral, sino que para la exploración de nuevas reservas. Pues así como se vio dentro de este estudio, la ampliación de la producción tiene un tope que se ve influenciado por la cantidad de mineral y por supuesto su ley promedio.



VII. REFERENCIAS

- Alfaro, M. A. (2007). *Estimación de Recursos Mineros*. Chile: Universidad de Chile.
- Arevalo, A., & Cruz, S. A. (2013). *Sistema de Planeamiento y Programación de la Producción*. Universidad Libre, Bogotá.
- Arteaga, R., & Lopez, C. (1991). *Manual de Evaluación Técnico - Económica de Proyectos Mineros de Inversión*. Madrid, España: ITGE - Graficas Topacio S.A.
- Avila, C. A., & Tobo, R. A. (2014). *Diseño del Método de Explotación a Cielo Abierto para La Mina El Diamante (tesis de pregrado)*. Sagamoso, Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Beder, R. (1930). *Nociones de Mineralogía*. Buenos aires: Jacobo Peuser.
- Blancos, A., Concejo, A., & Mercado, C. (2008). El Precio de Oro. *Factor determinante del precio de los bullions*, 32-45.
- Bolivar, M. R. (2009). El Precio en el Marketing. *Temas Para la Educación*.
- Caba Villalobos, N., Chamorro Altahona, O., & Foltalvo Herrera, T. J. (s.f.). *Gestion de la Produccion de Opeeraciones*.
- Calder, P., Koniaris, E., & McCann. (1996). *Tópicos de Ingeniería de Minas a Rajo Abierto*. Chile: Revista Minería Chilena.
- Carrillo, P. (2017). Modelo de Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión. *Colegio de estudio de superiores de administración*.
- Carro Paz, R., & Gonzales Gomes, D. (s.f.). Productividad y Competitividad. *Adminitracion de las operaciones*.
- Chacon. (1991). Pautas de Programa de Producción. *Nociones de planificaciones de minas*.
- Contreras, R. (2011). *Optimizacion de la Vida de Mina Bajo un Enfoque Tradicional de Maximizar el Valor Presente Neto*. www.iimp.org.pe.
- Delgado, J. (2019). *Apuntes del Curso de planificacion de minas*. Antofagasta: BSGroup.
- Durant, J. (2010). *Ingeniería de Costos*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano - Puno.
- FIEL. (2002). *Productividad, competitividad, empresas los engranajes del crecimiento*. Buenos aires.
- gob.pe. (15 de Enero de 2018). *Impuesto a la Renta IR*. Obtenido de <https://www.gob.pe/664-impuesto-a-la-renta>



- Godoy, M. (2009). Estimacion de Recursos. *Competencias en Recursos y Reservas Mineras*.
- Herrera, J. H. (2006). *Métodos de Minería a Cielo Abierto*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- ITGE. (1997). *Manual de Evaluación Técnico Económica de Proyectos Mineros de Inversión*. Madrid: Instituto Tecnológico GeoMinero de España.
- Lopez, G., Macassi, G. N., Llerrena, J. C., & Marchera, J. B. (2016). *Planeamiento de Minado*. Lima.
- Moran, I. A. (2012). *Inicio de Operaciones Mina en Tajo Abierto Coimolache (tesis de pregrado)*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Muñoz, M. M. (2006). *Ampliación de Producción de la Unidad Minera Chungar de 2000 TMD a 3000 TMD (tesis de pregrado)*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Parera, M. A. (2009). *Evaluación Económica*. Iválua.
- Quispe, R. (2013). *Optimización y Diseño del Tajo Cayhua - Mina Corihuarmi Periodo Octubre 2012 (tesis de pregrado)*. Puno, Puno: Universidad Nacional del Altiplano .
- Sapag, N., & Sapag, R. (2008). *Preparacion y Evaluación de Proyectos*. Bogotá: McGraw Hill.
- Tamayo, J. F., Salvador, J., Vásquez, A. L., & Zurita, V. R. (2017). *La Industria de la Minería en el Perú*. Lima.
- Venegas, P. (2009). *Ampliación de Producción en Mina Condestable (tesis de pregrado)*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.



ANEXOS