



**UNIVERSIDAD  
DEL AZUAY**

**DEPARTAMENTO DE POSGRADOS**

**“Evaluación económica del plan de producción y análisis de  
sensibilidad para minimización de riesgos financieros en la mina La  
Esperanza 1, Camilo Ponce Enríquez - Azuay”**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de:  
**Magíster en Minas con mención en Planeamiento Minero**

**Autor:**

**LUIS ÁNGEL PÉREZ BELLINI**

**Director:**

**CARLOS FEDERICO AUQUILLA TERÁN**

**CUENCA, ECUADOR**

**2024**

Luis Ángel Pérez Bellini

Trabajo de Titulación

Ing. Carlos Federico Auquilla Terán

Mayo, 2024

**“Evaluación económica del plan de producción y análisis de sensibilidad para  
minimización de riesgos financieros en la mina La Esperanza 1, Camilo Ponce Enríquez  
- Azuay”**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia, sobre todo a mi madre Olivia, cuyo amor, apoyo incondicional, y palabras de aliento me han impulsado para obtener el título de cuarto nivel a pesar de las adversidades que se presentaban día tras día.

A mis amigos y seres queridos, que han dado su grano de arena para la culminación de este trabajo de titulación brindándome su amistad, ánimo y comprensión. Y a todas las personas que de una u otra manera han contribuido a la realización de este proyecto.

**Luis Ángel Pérez Bellini**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mi director de tesis, Federico Auquilla, cuya guía experta, paciencia y apoyo fueron cruciales en el desarrollo de este trabajo. Su confianza en mis capacidades y su inestimable asesoría me han permitido superar los obstáculos y alcanzar aquellas metas que me propuse para este título.

Agradezco también a los miembros del comité de revisión, por sus valiosas observaciones y recomendaciones que enriquecieron significativamente este estudio.

A mi familia agradezco por el soporte emocional durante todo este periodo.

A mis compañeros del programa, gracias por el ambiente de camaradería, por las sesiones de estudio compartidas tanto de manera virtual como de manera presencial, aquellas aclaraciones de diversos temas y a la amistad que ha surgido entre nosotros.

**Luis Ángel Pérez Bellini**

## RESUMEN

Para la valoración económica de proyectos mineros el método más utilizado es la valoración del flujo de caja descontado (FCD); sin embargo, el mismo no toma en cuenta la incertidumbre y variabilidad. Para esto existe una metodología de valoración moderna conocida como Método de Montecarlo, que permite la flexibilidad de gestión para controlar el riesgo de variables de alta incertidumbre.

Este trabajo valora un proyecto de pequeña minería, los resultados reflejan un VAN financiero determinista 872,043, presentando la TIR de 31% y mediante Montecarlo el VAN financiero es 847,830 y una TIR de 33%. Finalmente, la organización considerará la continuación del proyecto, lo que implica una acción de aceptación de riesgo o interrumpir la inversión debido al resultado de la valoración conforme al riesgo de fracaso del proyecto. Luego, podrá usarse como referencia para futuros proyectos de planificación, complementando la valoración del FCD e incluso priorizar futuras inversiones.

**Palabras clave:** Valoración económica, incertidumbre, variabilidad, estocástico, riesgo



---

Ing. Federico Auquilla Terán

**Director del trabajo de titulación**

**ABSTRACT**

For the economic valuation of mining projects, the most widely used method is the discounted cash flow (DCF) valuation. However, it does not consider the uncertainty and variability. For this, there exists a modern valuation methodology known as the Monte Carlo Method, which allows management flexibility to control the risk of highly uncertain variables. This work values a small mining project, the results reflect a deterministic financial NPV of 872,043, presenting an IRR of 31%, and using Monte Carlo, the financial NPV is 847,830 with an IRR of 33%. Finally, the organization will consider the continuation of the project, which implies an action of accepting risk or interrupting the investment due to the result of the valuation according to the risk of project failure. Then, it can be used as a reference for future planning projects, complementing the DCF valuation and even prioritizing future investments.

**Keywords:** Economic valuation, uncertainty, variability, stochastic, risk.



---

Ing. Federico Auquilla Terán

**Thesis Director**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS.....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>2</b>
<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>2</b>
1.1. Justificación .....	2
1.2. Planteamiento del Problema .....	2
1.3. Objetivos.....	3
<b>CAPÍTULO 2: .....</b>	<b>4</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1. Ubicación y acceso al área de estudio.....	4
2.2. Reservas estimadas .....	5
2.3. Estudio económico y financiero.....	7
<b>2.3.1. Flujo de caja libre .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3.2. Flujo de caja financiero.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3.3. Indicadores macroeconómicos y microeconómicos.....</b>	<b>7</b>
2.3.3.1. Precio de los Metales. ....	8
2.3.3.2. Inflación. ....	8



2.3.3.3. Tasas de Interés.....	8
2.3.3.4. Estabilidad Política y Legal.....	8
2.3.3.5. Acceso a Infraestructuras.....	8
2.3.3.6. Energía.....	8
2.3.3.7. Impacto Ambiental y Normativas.....	8
2.3.3.8. Valor Actual Neto (VAN).....	9
2.3.3.9. Tasa Interna de Retorno (TIR).....	9
2.3.3.10. Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI).....	9
2.3.3.11. Margen Operativo.....	9
2.3.3.12. Beneficio Antes de Intereses, Impuestos, Depreciación y Amortización (EBITDA).....	9
2.3.3.13. Relación Beneficio-Costo (B/C).....	10
2.3.3.14. Índice de Rentabilidad (IR).....	10
<b>2.3.4. Análisis de sensibilidad.....</b>	<b>10</b>
2.4. Estimación de riesgos y contingencias.....	10
2.5. Toma de decisiones acertadas.....	12
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>14</b>
<b>METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>14</b>
3.1 Tipo de estudio.....	14
3.2 “Técnicas de recolección de datos”.....	14
3.3. Registro de información y procesamiento de datos.....	14
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>16</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>16</b>

4.1 Presentación y análisis de los resultados obtenidos.....	16
<i>4.1.1. Inversión.....</i>	<i>16</i>
<i>4.1.2. Ingresos.....</i>	<i>17</i>
<i>4.1.3. Costos de producción.....</i>	<i>19</i>
<i>4.1.4. Evaluación económica del proyecto.....</i>	<i>21</i>
<i>4.1.5. Evaluación financiera del proyecto.....</i>	<i>27</i>
<i>4.1.6. Indicadores económicos.....</i>	<i>30</i>
<i>4.1.7. Análisis de riesgos.....</i>	<i>33</i>
4.2 Discusión de resultados.....	46
<b>CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>50</b>
5.1 Conclusiones.....	51
5.2 Recomendaciones .....	52
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>53</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Ubicación del área de estudio .....</i>	5
<i>Figura 2. Veta Gallo en Mina Esperanza 1 .....</i>	6
<i>Figura 3. Clasificación del riesgo por impacto - probabilidad.....</i>	11
<i>Figura 4. Desglose del costo de oportunidad.....</i>	22
<i>Figura 5. Tasas históricas de los bonos del tesoro de los Estados Unidos.....</i>	23
<i>Figura 6. Mapa mundial de riesgo país.....</i>	26
<i>Figura 7. Fórmula del costo promedio ponderado de capital según el modelo CAPM.....</i>	28
<i>Figura 8. Estructura de los flujos de caja económico y financiero.....</i>	31
<i>Figura 9. Indicadores económicos de un flujo de caja.....</i>	31
<i>Figura 10. Gráfico de los elementos que constituyen el ROIC .....</i>	32
<i>Figura 11. Indicadores económicos del modelo determinístico.....</i>	33
<i>Figura 12. Gráfico araña del análisis de sensibilidad del proyecto .....</i>	35
<i>Figura 13. Gráfico tornado .....</i>	36
<i>Figura 14. Metodología de aplicación del Método de Montecarlo.....</i>	37
<i>Figura 15. Resultados históricos del precio del oro .....</i>	38
<i>Figura 16. Distribución de probabilidad del precio del oro .....</i>	39
<i>Figura 17. Distribución de probabilidad de la ley media del proyecto .....</i>	40
<i>Figura 18. Distribución de probabilidad del porcentaje de recuperación metalúrgica .....</i>	41
<i>Figura 19. Distribución de probabilidad del costo de extracción de mineral .....</i>	42
<i>Figura 20. Distribución de probabilidad del costo de extracción de estéril.....</i>	42
<i>Figura 21. Distribución de probabilidad del costo de procesamiento.....</i>	43
<i>Figura 22. Resultado de la simulación para VAN económico.....</i>	44
<i>Figura 23. Resultado de la simulación para VAN financiero .....</i>	44
<i>Figura 24. Gráfico araña resultado de la simulación.....</i>	45

<i>Figura 25. Gráfico tornado del resultado de la simulación.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 26. Gráfico de significancia de las variables de entrada al modelo.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 27. Porcentaje de éxito del VAN económico.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 28. Porcentaje de éxito del TIR económico.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 29. Porcentaje de éxito del VAN financiero.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 30. Probabilidad de éxito del TIR financiero.....</i>	<i>49</i>

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Estimación de reservas.....</i>	<i>6</i>
<i>Tabla 2. Inversión pre-explotación en mina.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 3. Inversión pre -explotación en obras civiles.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 4. Inversión en activos intangibles.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 5. Costo de minado del mineral.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 6. Costo de minado del estéril.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 7. Datos de diferentes industrias de Beta () por Damodaran.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 8. Riesgo País del Ecuador.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 9. Evaluación económica del proyecto.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 10. Evaluación financiera del proyecto.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 11. Elasticidad del VAN para gráfico araña.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 12. Variabilidad del VAN para gráfico tornado.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 13. Análisis de sensibilidad de dos variables conjuntas.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 14. Variación de resultados del proyecto.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 15. Fiabilidad de simulación Montecarlo por el n ° de iteraciones.....</i>	<i>50</i>

## **Introducción**

La minería es una actividad multisectorial que abarca la extracción de una amplia variedad de minerales, desde metales preciosos hasta minerales industriales. Su importancia radica en la provisión de materias primas esenciales para la fabricación de bienes de consumo, la generación de energía y la construcción de infraestructuras. Además, la minería ha sido un motor económico en muchas regiones, generando empleo y atrayendo inversiones.

El enfoque central radica en analizar de manera detallada la viabilidad económica de la mina esperanza 1, evaluando los aspectos clave que determinen su rentabilidad y sostenibilidad financiera, la necesidad de tomar decisiones informadas para maximizar los beneficios económicos, minimizar los riesgos en tema financiero y cumplir con los estándares ambientales y sociales. La metodología del estudio se basó en la recopilación de datos geológicos, estimaciones de recursos minerales, costos operativos y proyecciones de precios de minerales. Se utilizarán modelos financieros para simular diversos escenarios y evaluar la sensibilidad del proyecto a cambios en variables clave.

## **CAPÍTULO 1**

### **ANTECEDENTES**

#### **1.1. Justificación**

La industria minera está sujeta a riesgos significativos, incluyendo fluctuaciones en los precios de los minerales, cambios en las regulaciones ambientales y sociales, así como desafíos operativos. Este estudio identificó estos riesgos y desarrolló estrategias para mitigar su impacto en la rentabilidad. Además, la evaluación financiera proporciona herramientas para planificar y gestionar eficazmente cada fase del proyecto, asegurando la continuidad operativa y la optimización de recursos.

El presente trabajo desarrolló la evaluación financiera de la mina esperanza 1 como una estrategia sólida y fundamental para mejorar el atractivo a inversores y asegurar el acceso a financiamiento, teniendo en cuenta procesos de mejora y optimización.

#### **1.2. Planteamiento del Problema**

Dentro del campo de la pequeña minería, es necesario la realización de la evaluación económica y análisis de sensibilidad, debido a que nos ayuda a la toma de decisiones informadas, pues proporciona la suficiente información objetiva y cuantitativa sobre la viabilidad financiera; además permite determinar la rentabilidad esperada de un proyecto minero, debido a que se analizan costos y beneficios para identificar áreas de mejora para maximizar la restitución de la inversión y garantizar la rentabilidad a largo plazo.

Dentro de todas estas necesidades para hacer que una explotación minera sea la adecuada con las tomas de decisiones pertinentes, muy pocas empresas mineras realizan este procedimiento, y si lo realizan no disponen de la adecuada interpretación para que la mina sea rentable.

En la mina La Esperanza 1, estos problemas económicos pueden representar desafíos significativos y requerir una gestión efectiva para implementar las medidas necesarias para preservar la estabilidad y salud financiera de la iniciativa, permitiendo su desarrollo y operación de manera exitosa a largo plazo. Es por ello por lo que se ha propuesto realizar la evaluación económica y el análisis de sensibilidad de los flujos de fondos, lo que ayudará a promover la sostenibilidad de las operaciones mineras.

### **1.3. Objetivos**

#### Objetivo general

Desarrollar la evaluación económica del proyecto minero Esperanza 1 y analizar cuantitativamente las ventajas e inconvenientes que presenta la asignación de recursos económicos a cada fase del proyecto.

#### Objetivos específicos

1. Calcular los indicadores financieros claves como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el período de recuperación de la inversión y la relación costo-beneficio.
2. Identificar y analizar los riesgos asociados con el proyecto y evaluar cómo podrían afectar su viabilidad económica incluyendo realizar el análisis de sensibilidad y escenarios.
3. Identificar áreas y/o fases en las que el proyecto puede mejorar su desempeño económico o donde se requieren ajustes para aumentar su viabilidad financiera.



## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

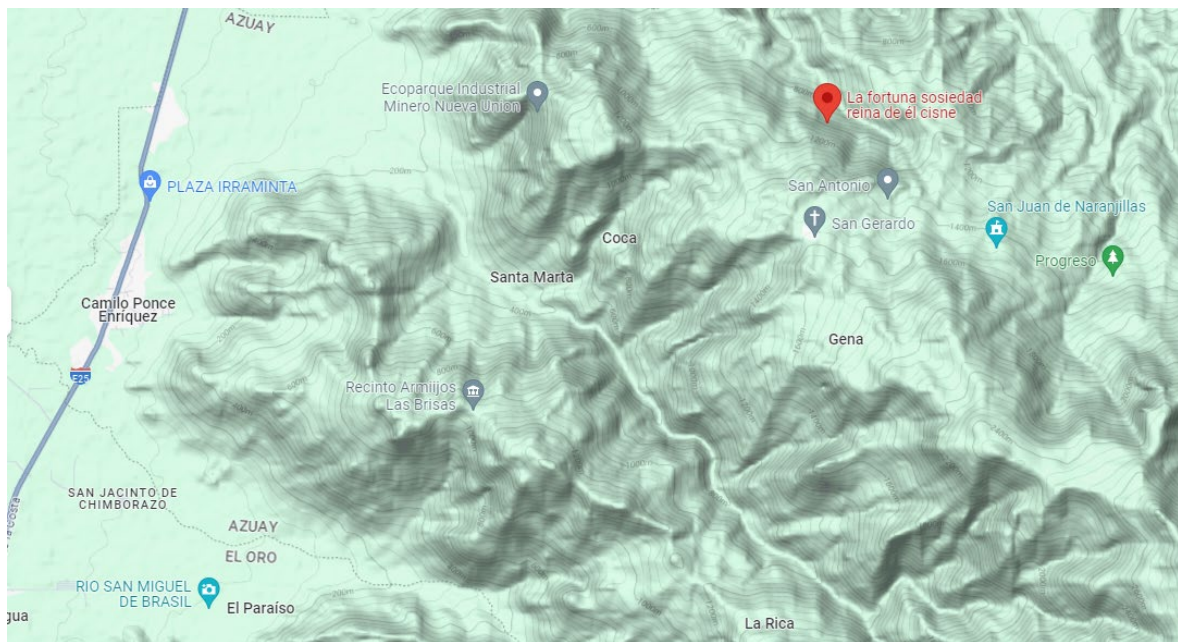
Este capítulo se enfoca en revisar y sintetizar la literatura existente relacionada con el lugar del proyecto, los aspectos económicos y financieros específicos que serán abordados en el estudio.

#### **2.1. Ubicación y acceso al área de estudio**

Camilo Ponce Enríquez está ubicado en la provincia de Azuay, en la región Sur de Ecuador, en este cantón se encuentran aproximadamente 400 concesiones mineras otorgadas a la fecha actual; una de ellas corresponde a la mina Esperanza, que se encuentra en el sitio denominado La Fortuna, Parroquia Camilo Ponce Enríquez, y cantón del mismo nombre.

Las rutas de acceso pueden variar dependiendo del lugar de partida, es así como desde Quito se puede acceder por medio del troncal de la Costa, con un promedio de 11 horas se llega hasta Camilo Ponce Enríquez. Desde Cuenca se puede ingresar por la vía Cuenca – Pasaje – Ponce Enríquez, que se tarda 4 horas. Una vez llegado allí para dirigirse hacia el punto de estudio es un aproximado de 1 hora ingresando por la vía Shumiral – La Fortuna o por la vía Santa Marta – La Fortuna.

Figura 1. Ubicación del área de estudio



**Fuente:** Tomado de Google, n.d.

## 2.2. Reservas estimadas

Determinar las reservas estimadas de un proyecto minero es una parte crucial de la planificación y evaluación de la viabilidad económica de la operación. Las reservas minerales son la cantidad de mineral que se espera pueda extraerse económicamente de un depósito en particular.

En el informe técnico presentado por el departamento de geología y minas, detalla la cantidad de reservas de acuerdo con perforaciones, y el método de polígonos y muestreo directo de estructuras vetiformes únicamente preparadas para la explotación.

Tabla 1. Estimación de reservas

Código de veta	Nombre de veta	Potencia promedio	Ley media Au ppm	Ley media Ag ppm	Volumen m3	Toneladas	Au Oz	Ag Oz
BL - 1	Veta Bocana 1	0.54	10.93	1.53	648	1360.8	478.20	66.94
BL - 2	Veta Bocana 2	0.44	15.45	5.55	2997	6293.7	3126.26	1123.03
BL - 3	Veta Bocana 3	0.44	24.73	10.57	3099.6	6509.16	5175.35	2212.03
BL - 4	Veta Bocana 4	0.39	8.72	2.5	2473.5	5194.35	1456.26	417.51
GV - 1	Veta Gallo 1	0.47	8.32	2.88	5720	12012	3213.14	1112.24
GV - 2	Veta Gallo 2	0.78	16.68	14.53	6379	13395.9	7183.87	6257.89
GV - 3	Veta Gallo 3	0.23	8.75	5.93	1288	2704.8	760.91	515.68
FNV - 1	Veta Fortuna 1	0.47	13.45	0.87	3238	6799.8	2940.42	190.20
QBV - 1	Veta Quebrada 1	1.06	16.83	3.59	20748	43570.8	23576.01	5028.99
DAV - 1	Veta Diana 1	0.78	6.35	0.38	10780	22638	4621.71	276.57
TOTAL						120479.31	52532.13	17201.08

**Fuente:** Elaboración propia

Figura 2. Veta Gallo en Mina Esperanza 1



**Fuente:** Elaboración propia

Nota. Se observan los orificios realizados con la máquina perforadora, con su respectiva cinta de nomenclatura de sondeo.

Es fundamental tener en cuenta que las reservas minerales son estimaciones y están sujetas a revisiones a medida que se recopila más información. Además, la clasificación de las reservas está sujeta a estándares y regulaciones específicas en la industria minera.

### **2.3. Estudio económico y financiero**

El estudio económico en un proyecto minero se centra en evaluar los aspectos de la rentabilidad económica, incluye el análisis de los costos y beneficios asociados con la explotación del yacimiento mineral; mientras que el estudio financiero centra su atención en evaluar la condición financiera con capital prestado. Incluye el análisis de los flujos de efectivo, la estructura de financiamiento y la obtención de recursos que lleva a cabo la operación minera. (Viera Flores, 2023)

#### ***2.3.1. Flujo de caja libre***

El flujo de caja libre, una métrica financiera esencial, representa el efectivo neto disponible después de deducir los gastos de capital de las operaciones de una empresa. Esta medida proporciona una visión clara de la habilidad de la organización para generar efectivo, realizar inversiones estratégicas y hacer frente a sus obligaciones de naturaleza financiera, lo que la convierte en un indicador clave de su salud financiera y sostenibilidad a largo plazo. (Bustillo & López Jimeno, 1997).

#### ***2.3.2. Flujo de caja financiero***

Representa el efectivo neto generado o utilizado por la organización en sus actividades de financiamiento. “Esta métrica abarca decisiones como la emisión o recompra de acciones, el pago de dividendos y la gestión de la deuda, proporcionando una visión de la capacidad de la empresa para manejar sus flujos y tomar decisiones financieras sólidas.” (Bustillo & López Jimeno, 1997).

#### ***2.3.3. Indicadores macroeconómicos y microeconómicos***

Cuando se evalúa la viabilidad de un proyecto minero, además de los indicadores específicos del proyecto, es importante considerar algunos indicadores macroeconómicos que pueden influir en su desarrollo y rentabilidad, dentro de los cuales es preciso mencionar:

#### **2.3.3.1. Precio de los Metales**

Fluctuaciones en los precios de los metales, como el oro, cobre, plata, etc., pueden tener un impacto directo en los ingresos del proyecto.

#### **2.3.3.2. Inflación**

Influye en los costos operativos del proyecto. Es importante evaluar cómo las tasas de inflación pueden afectar los costos laborales, de insumos y de servicios.

#### **2.3.3.3. Tasas de Interés**

Las tasas impactan los costos de financiamiento. Proyectos mineros a menudo requieren inversiones significativas, por lo que estos réditos pueden afectar la viabilidad financiera del proyecto.

#### **2.3.3.4. Estabilidad Política y Legal**

La estabilidad política y legal del país donde se encuentra el proyecto minero es crucial. Cambios en la legislación, regulaciones o condiciones políticas pueden afectar la seguridad jurídica y la operación del proyecto.

#### **2.3.3.5. Acceso a Infraestructuras**

La disponibilidad y acceso a infraestructuras como carreteras, ferrocarriles y puertos son fundamentales para el transporte eficiente de minerales, lo que impacta los costos logísticos.

#### **2.3.3.6. Energía**

El costo y la disponibilidad de la energía son consideraciones importantes. La minería a menudo requiere grandes cantidades de energía, por lo que los costos energéticos pueden influir en la rentabilidad del proyecto.

#### **2.3.3.7. Impacto Ambiental y Normativas**

Las normativas ambientales y las demandas sociales relacionadas con la sostenibilidad son factores importantes en la operación de proyectos mineros. Cambios en las regulaciones pueden afectar los costos y la operación.

Los indicadores microeconómicos proporcionan información crucial sobre la productividad y el rendimiento del proyecto, entre ellos están:

#### **2.3.3.8. Valor Actual Neto (VAN)**

El VAN es una medida que evalúa la utilidad del proyecto al calcular la diferencia entre las entradas y salidas de dinero presentes y futuros y los costos de inversión. Un VAN positivo indica que el proyecto podría ser rentable.

#### **2.3.3.9. Tasa Interna de Retorno (TIR)**

La TIR es el factor de actualización que hace que el VAN sea igual a cero. Es otra medida clave de la rentabilidad del proyecto. Una TIR superior al interés de la deuda sugiere que el proyecto puede ser viable.

#### **2.3.3.10. Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)**

El PRI indica el tiempo que tarda en recuperarse la inversión inicial del proyecto. Es importante, especialmente en proyectos con inversiones significativas.

#### **2.3.3.11. Margen Operativo**

El margen operativo se calcula dividiendo el ingreso operativo entre los ingresos totales. Detalla la rentabilidad de las principales operaciones del proyecto.

#### **2.3.3.12. Beneficio Antes de Intereses, Impuestos, Depreciación y Amortización (EBITDA)**

El EBITDA es una medida que refleja la habilidad del proyecto de originar efectivo antes de tener en cuenta los intereses, impuestos y otros elementos no efectivos.

### **2.3.3.13. Relación Beneficio-Costo (B/C)**

La relación B/C compara los beneficios netos del proyecto con los costos totales. Un valor superior a 1 indica que los beneficios superan los costos.

### **2.3.3.14. Índice de Rentabilidad (IR)**

Este índice constata el valor actual de los flujos de dinero futuros con la inversión inicial. Un IR superior a 1 indica rentabilidad generada por la empresa minera.

### **2.3.4. Análisis de sensibilidad**

El análisis de sensibilidad es una técnica utilizada en proyectos y evaluaciones financieras para comprender cómo variaciones en ciertos parámetros afectan los resultados del proyecto. Es una herramienta valiosa para evaluar la robustez y la vulnerabilidad de los resultados frente a variaciones en las condiciones del mercado o en las suposiciones clave.

Los resultados del análisis de sensibilidad se pueden representar mediante gráficos que muestran cómo varían los indicadores financieros con cambios en las variables. (Molina, 2019)

## **2.4. Estimación de riesgos y contingencias**

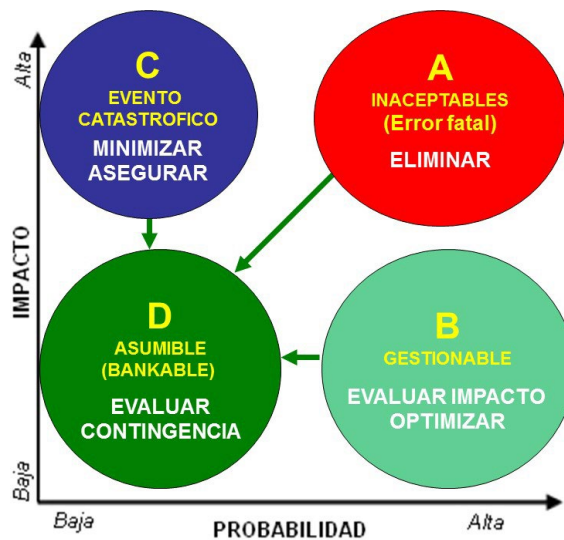
Botín (2019) afirma lo siguiente: “El proceso de inversión minera se caracteriza por su foco en la reducción del riesgo asociado a los parámetros del proyecto que inciden sobre la utilidad económica y la viabilidad del proyecto. Si el proceso se conduce adecuadamente, el riesgo, medido como producto del potencial económico y la probabilidad de éxito, debe disminuir en cada fase”.

Atendiendo a los parámetros de riesgo, (Eggert Roderick, 2010), propone una clasificación en cuatro grupos o categorías, atendiendo a su carácter y origen:

- Geológicos o del yacimiento: Son parámetros que caracterizan al yacimiento y son decisivos en la elección de método de explotación y proceso metalúrgico.
- Técnicos: Parámetros de riesgo relacionados con la ubicación geográfica de la propiedad minera y que son decisivos en el volumen de inversión o CAPEX del proyecto. Los más destacados son la remotidad, las infraestructuras existentes en la zona, la tecnología disponible, la presencia de otras minas en la zona, etc...
- Riesgos medioambientales, sociales y políticos: Se refieren a los riesgos asociados con la estabilidad política y social del país, la legislación minera y medioambiental, las políticas tributarias etc.
- Riesgos económicos: Son parámetros de riesgo extrínsecos al proyecto que pueden influir decisivamente en el resultado económico. Los más críticos son el precio del mineral vendible, y los tipos de cambio.

Atendiendo al impacto económico y probabilidad de concurrencia, el riesgo de un proyecto minero puede clasificarse y analizarse según el modelo impacto-probabilidad de la

*Figura 3. Clasificación del riesgo por impacto - probabilidad*



**Fuente:** Tomado de Gestión de Proyectos por Molina, 2019



Los riesgos con alta probabilidad y alto impacto (Clase A) son aquellos que, de no ser detectados en las etapas de pre-viabilidad, pueden ser causa de inviabilidad para el proyecto.

Los riesgos de las clases “B” y “C”, de bajo impacto económico, resultan de incertidumbres en los parámetros de diseño e ingeniería del Proyecto, generalmente debidos a defectos o limitaciones de alcance en los estudios, pruebas y ensayos.

El riesgo de Clase “D”, son riesgos residuales que resultan de la gestión de los de clase “B” y otros riesgos que permanecen al final de la fase de viabilidad final ya que su impacto económico es inferior al coste de eliminación.(Molina, 2019)

## **2.5. Toma de decisiones acertadas**

Existen dos tipos básicos de situaciones de toma de decisión sobre inversiones:

a) Elegir la mejor entre varias opciones de inversión que se excluyen mutuamente. Así ocurre cuando se estudia la mejor forma de desarrollar un yacimiento minero o petrolífero dado, o un cierto proceso o producto. También son de este tipo las "decisiones de escala", tales como la optimización de un nivel de producción, o de la altura de un edificio.

b) Ordenar o clasificar por orden de atractivo económico varios proyectos que no se excluyen mutuamente, para determinar el mejor conjunto o cartera de proyectos en que invertir los recursos financieros disponibles. Este tipo de situaciones se produce, por ejemplo, en relación con proyectos de desarrollo de varios productos o yacimientos diferentes, no incompatibles.

La diferencia lógica esencial entre ambas situaciones de decisión se encuentra en el hecho de que en la primera sólo es posible elegir una opción y en la segunda se pueden seleccionar cuantas se desee, hasta agotar el capital disponible. A veces puede encontrarse el decisor en una situación del primer tipo, sin que los proyectos sean, en principio, mutuamente

excluyentes. Esto ocurre, por ejemplo, si la empresa dispone de recursos suficientes para financiar sólo un proyecto.

El hecho de que la decisión óptima pueda ser determinada por consideraciones financieras no quita validez alguna al análisis económico. No hay que confundir el análisis económico con el financiero. (Brodén Durant, 2010)

## CAPÍTULO 3

### METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Tipo de estudio

Esta investigación adopta un enfoque mixto que combina tanto el análisis cualitativo como cuantitativo, conforme señalan Hernández Sampieri et al. (2014). Este método implica la utilización de datos numéricos en conjunción con interpretaciones para obtener resultados. Se clasifica como aplicativo, denominado "investigación práctica o empírica" por Vargas Cordero (2009), caracterizado por buscar la aplicación de conocimientos adquiridos y la generación de nuevos conocimientos mediante la implementación y sistematización de prácticas basadas en la investigación. Además, se centra en el nivel descriptivo, partiendo de lo general hacia lo particular.

#### 3.2 Técnicas de recolección de datos

Dentro del diseño metodológico, es crucial identificar el método de recolección de datos y la técnica apropiada, considerando los objetivos y variables del estudio.

En este proyecto se utilizó la siguiente técnica:

Revisión documentaria referencial: se enfoca en obtener información general sobre el proyecto minero. Además, se llevó a cabo un análisis de la bibliografía y los informes documentados para aplicarlos de manera precisa a los requisitos de extracción.

#### 3.3. Registro de información y procesamiento de datos

El procesamiento de datos implica la organización, evaluación y almacenamiento del material recolectado en forma de matrices de datos, con el fin de examinarlos en etapas posteriores. En otras palabras, las respuestas individuales se estructuran en una base de datos, que se clasifican y se guardan para su posterior análisis.

Una parte crucial de este proyecto implica verificar los datos recopilados, corregir cualquier error identificado y aplicar un tratamiento adecuado. La depuración de datos influye en diversas dimensiones de la calidad del muestreo, el procesamiento preciso, la carga de respuestas y la eficiencia en general. Esto implica identificar y abordar errores que no están relacionados con el muestreo, especialmente los relacionados con la falta de respuesta y la medición. Los valores atípicos, errores y falta de respuesta tienen un impacto significativo en la elaboración de datos, lo que afecta principalmente el proceso de depuración y la estimación resultante.

El análisis estadístico y la investigación cuantitativa han ganado popularidad gracias al uso de programas informáticos. Estas aplicaciones cumplen una función primordial en la realización de análisis con grandes conjuntos de datos, convirtiéndose en herramientas indispensables para la investigación cuantitativa, los principales programas utilizados en el análisis es Excel y @Risk el cual puede ayudar al evaluador del proyecto minero a dimensionar los riesgos financieros asociados con la inversión en la mina, incluyendo variaciones en los precios de los productos básicos, costos operativos, tasas de cambio, etc.

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS

#### 4.1 Presentación y análisis de los resultados obtenidos

##### 4.1.1. Inversión

Las inversiones del proyecto se dividen en tangible, intangible y capital de trabajo, en el caso de las dos primeras ya se tiene el monto de inversión, con respecto al capital de trabajo se realizará el cálculo mediante la fórmula de O'hara dentro del SME Handbook (Dougherty et al., n.d.):

$$\text{Capital de trabajo} = \frac{160 * 15,000 * 4}{12}$$

$$\text{Capital de trabajo} = \$ 800,000.00$$

Tabla 2. Inversión pre-explotación en mina

<b>Inversión fija tangible en mina</b>	
Descripción	Costo
a. Labores mineras	
Desarrollo y preparación	\$ 859,084.60
b. Maquinaria y equipos	\$ 400,000.00
c. Materiales y herramientas	\$ 100,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1,359,084.60</b>

*Fuente:* Elaboración propia

Tabla 3. Inversión pre -explotación en obras civiles

<b>Inversión fija tangible obras civiles</b>	
Descripción	Costo
a. Adquisición de terrenos	\$ 80,000.00
b. Infraestructura Mina	
Campamentos	\$ 50,000.00
Talleres	\$ 9,500.00
Vías de conexión	\$ 22,954.22
c. Stock	
Adecuamiento de sitio de stock	\$ 1,420.00
Garitas	\$ 2,251.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 166,125.22</b>

*Fuente:* Elaboración propia

Tabla 4. Inversión en activos intangibles

<b>Inversión fija intangible</b>	
Descripción	Costo
Estudios ambientales	\$ 15,580.00
Estudio proceso productivo mina	\$ 7,322.00
Gastos de constitución	\$ 10,000.00
Puesta en marcha	\$ 25,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 57,902.00</b>

*Fuente:* Elaboración propia

Con estos datos tenemos una inversión total de \$ 1,583,111.82, con un capital de trabajo de \$ 800,000.

#### 4.1.2. Ingresos

Mina Esperanza produce el año 2024, 50 toneladas de mineral al día, un aumento del 5.5% con el año 2023. Esto con la ampliación de las reservas de la veta Diana con la que se espera un obtener unas 60 toneladas, esperando mayores ingresos impulsados por una mayor producción y un precio elevado.

Los valores de los minerales se ven influenciados por los acuerdos comerciales y las variaciones en los precios de los metales, que son consecuencia de la oferta y la demanda en

los mercados internacionales líderes donde se comercializan estos productos básicos, como el LME, LBMA, COMEX, entre otros. Estos mercados son utilizados como puntos de referencia para valorar nuestras materias primas, es decir, los minerales.

Para el análisis económico y financiero se considera la producción anual, las respectivas leyes de los metales de interés y el valor de venta, considerando también aquella disminución por valor de venta de los commodities.

En la Tabla 1, se tiene dos leyes de los metales principales, estos son el oro y la plata, para el cálculo de los ingresos en la evaluación económica se debe determinar la ley promedio ponderada y posteriormente la ley equivalente en términos del metal principal.

$$\text{Ley media ponderada} = \frac{l_1 * T_1 + l_2 * T_2 + l_3 * T_3 + \dots + l_n * T_n}{T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_n}$$

Donde las leyes están representadas por  $l_n$  y los tonelajes o pesos por  $T_n$

$$\text{Lmp Oro} = \frac{10.93 * 1360.8 + 15.45 * 6293.7 + 24.73 * 6509.16 + \dots + 6.35 * 22638}{120479.31}$$

$$\text{Lmp Oro} = 13.56 \text{ g/T}$$

$$\text{Lmp Plata} = \frac{1.53 * 1360.8 + 5.55 * 6293.7 + 10.57 * 6509.16 + \dots + 0.38 * 22638}{120479.31}$$

$$\text{Lmp Plata} = 4.44 \text{ g/T}$$

Correspondiente a estos dos valores, pues el metal de interés es el oro, por lo que la ley equivalente tendrá la fórmula:

$$\text{Ley eq} = \text{Ley Au} + (\text{Ley Ag} * \text{feq})$$

Donde  $feq$  es el factor equivalente del metal secundario, en este caso la plata, este factor tiene como fórmula:

$$f_{eq} = \frac{P_{Ag} * R_{Ag}}{P_{Au} * R_{Au}}$$

Es decir, la recuperación de la plata estará vinculada con la recuperación metalúrgica del oro, así como del proceso al que se someterá, en este caso de estudio se tiene la lixiviación como proceso metalúrgico, por lo tanto, se espera una recuperación del oro del 87% y de la plata de 70%, estos valores fueron tomados de las pruebas realizadas en Planta Minera FRANROMEC.

El precio de los metales se tomará a la fecha de la realización del presente trabajo, el precio del oro es \$2,014.20 Oz troy y de la plata \$23.49 Oz troy.

$$f_{eq} = \frac{23.49 * 0.7}{2014.20 * 0.87}$$

$$f_{eq} = 0.0095$$

$$Ley_{eq} = 13.56 + (4.44 * 0.0095)$$

$$Ley_{eq} = 13.60 \text{ g/T}$$

Esta ley calculada es la que se tomará para el cálculo de los ingresos de la mina.

#### **4.1.3. Costos de producción**

Para realizar el análisis económico del proyecto minero, se consideró los costos de perforación, voladura, mano de obra, limpieza, sostenimiento, equipos de protección personal y herramientas que requiere la ejecución del método combinado de corte y relleno y cámaras y pilares.

El cash cost de la sociedad para el año 2023 fue de 130 USD/T, que comparado con los años 2021 – 2022 hubo un decrecimiento de este, debido a la baja producción que se presentaba al borde de unas reservas muy limitadas, y una inversión para exploración baja. Conforme se van realizando las nuevas inversiones para un ramp up de la mina (último cuarto



del 2022), los costos de producción disminuyen en cierto grado por la mayor explotación diaria que se tiene al realizar el mismo proceso, pero teniendo una mina semi – mecanizada.

En los próximos años, la compañía estima que el cash cost aumente debido a mayores costos de energía y mano de obra, según proyecciones se estima que los costos operativos aumentarán en un ritmo del 1% anual.

El costo de explotación del material estéril difiere del costo de mineral debido a los parámetros de perforación y voladura, pues se trata de minimizar costos ya que no nos representa un ingreso futuro, para el cálculo se toma el valor de 119 USD por tonelada de estéril minado.

Dentro de los costos de tratamiento se tiene un valor de 85 USD por tonelada métrica seca procesada, ya que el proceso es de molienda – lixiviación – elución, este dato fue tomado de la planta donde se procesa actualmente el mineral (FRANROMEC).

Por último, se tienen los gastos de administración, denominados G&A los cuales representan aquellos costos fijos que son necesarios para mantener la operación y la administración del negocio, estos son de 2 USD por tonelada extraída, sea mineral o desmonte.

La depreciación y la amortización, costos de exploración, regalías y otros costos se mantendrán constantes a lo largo del tiempo.

Tabla 5. Costo de minado del mineral

RESUMEN DE COSTOS MINADO POR ÁREA MINERAL		( \$ / TM )
I.- Perforación		20.3850
II.- Voladura		19.7161
III.- Mano de obra		24.6914
IV.- Carga y Transporte		27.0190
V. Sostentamiento		6.0542
VI.- Servicios		15.4961
COSTO PARCIAL		113.3618
IMPREVISTOS ( 15% )		17.0043
<b>COSTO TOTAL ( \$ / TM )</b>		<b>130.3661</b>

*Fuente:* Elaboración propia

Tabla 6. Costo de minado del estéril

RESUMEN DE COSTOS MINADO POR ÁREA ESTÉRIL		( \$ / TM )
I.- Perforación		17.1825
II.- Voladura		18.0252
III.- Mano de obra		24.6914
IV.- Carga y Transporte		27.0190
V. Sostentamiento		1.0542
VI.- Servicios		15.4961
COSTO PARCIAL		103.4683
IMPREVISTOS ( 15% )		15.5202
<b>COSTO TOTAL ( \$ / TM )</b>		<b>118.9886</b>

*Fuente:* Elaboración propia

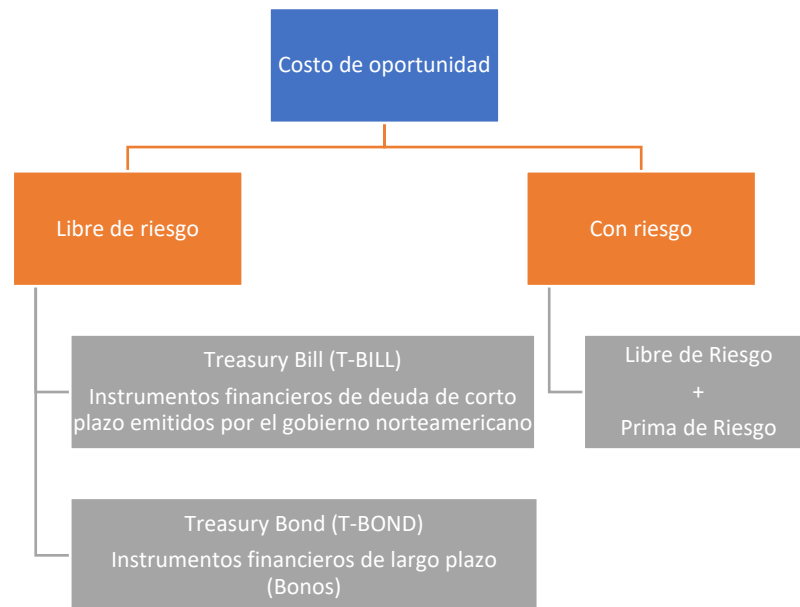
#### 4.1.4. Evaluación económica del proyecto

Para esta parte del proyecto es necesario el cálculo del costo de oportunidad del accionista, pues se asume que el capital es propio del o los accionistas de la compañía.

En esencia, las Matemáticas Financieras se centran en analizar las tasas de interés, abarcando también el estudio de créditos, inversiones, capitalizaciones y, en términos

generales, el funcionamiento de las transacciones financieras. La tasa de interés representa la proporción entre el dinero pagado o recibido y el dinero utilizado, lo que refleja la relación entre la ganancia y la inversión, expresada en forma de porcentaje.

Figura 4. Desglose del costo de oportunidad



**Fuente:** Elaboración propia

Según el modelo CAPM:

$$k_e = rf + \beta(rm - rf) + \text{Riesgo País}$$

$rf$ : rendimiento libre de riesgo (en general, la tasa que prometen los bonos del tesoro estadounidense) = rendimiento bonos del tesoro norteamericano T-Bond promedio 20 años.

$\beta$ : Se calcula el Beta () de la acción, Beta mide la sensibilidad del rendimiento de la acción a los rendimientos del mercado; si, por ejemplo, el mercado sube 10% y la acción sube 20%, se dice que la acción tiene el doble de riesgo de mercado y su beta es igual a 2.

$rm$ : rendimiento del mercado, que en realidad es una expectativa matemática = rendimiento de la bolsa de valores de NY índice Standard and Poor's promedio 200.

$k_e$ : Costo de oportunidad

Para el caso de la tasa de rendimiento de los bonos del Tesoro de los Estados Unidos a 10 años muestra un valor de rendimiento igual al 4.24 %.

*Figura 5. Tasas históricas de los bonos del tesoro de los Estados Unidos*

Current Interest Rates	
February 15, 2024	
Indicator	Rate, %
Prime Rate	8.50
30 Year Treasury Bond	4.42
10 Year Treasury Note	4.24
91 Day Treasury Bill	5.43
Fed Funds	5.33
SOFR	5.30
30 Year Mortgage Rate	6.77

**Fuente:** Adaptado de Rates and Bonds, por Bloomberg, 2024, <https://www.bloomberg.com/markets/rates-bonds>

Para la determinación de Beta () se debe apoyar con la página de Damodaran que recopila la información histórica sobre indicadores macroeconómicos mundiales, dentro de estos, el valor de Beta () que se necesita para el cálculo del costo de oportunidad.

Tabla 7. Datos de diferentes industrias de Beta () por Damodaran

Date updated:	05-ene-24	YouTube Video explaining estimation choices and process.						
Created by:	Aswath Damodaran, adam							
What is this data?	Beta, Unlevered US companies							
Home Page:	<a href="http://www.damodaran.com">http://www.damodaran.com</a>							
Data website:	<a href="https://pages.stern.nyu.edu">https://pages.stern.nyu.edu</a>							
Companies in each industry:	<a href="https://pages.stern.nyu.edu">https://pages.stern.nyu.edu</a>							
Variable definitions:	<a href="https://pages.stern.nyu.edu">https://pages.stern.nyu.edu</a>							
Do you want to use marginal or effective tax rates?	Marginal							
If marginal tax rate, enter the marginal tax rate to	25.00%							
				Unlevered beta corrected for cash - Over time				
Industry Name	Beta	Unlevered beta	Unlevered beta corrected for cash	2020	2021	2022	2023	Average (2020-24)
Air Transport	1.27	0.57	0.64	0.84	0.91	0.91	0.69	0.80
Auto & Truck	1.52	1.24	1.30	0.53	1.05	1.02	1.23	1.03
Auto Parts	1.34	1.04	1.12	0.95	1.09	1.21	1.20	1.11
Bank (Money Center)	1.06	0.40	0.64	0.56	0.59	1.03	0.74	0.71
Brokerage & Investment Banking	1.12	0.42	0.55	0.57	0.57	0.67	0.69	0.61
Building Materials	1.32	1.16	1.21	1.02	0.97	1.09	1.10	1.08
Coal & Related Energy	1.27	1.09	1.24	1.05	0.56	0.82	1.43	1.02
Computer Services	1.00	0.82	0.86	0.95	0.94	1.06	0.99	0.96
Construction Supplies	0.94	0.84	0.85	1.10	0.87	0.98	1.08	0.98
Education	1.23	1.07	1.15	1.36	1.07	1.10	0.99	1.13
Electrical Equipment	1.24	1.07	1.15	1.31	1	1.19	1.43	1.22
Engineering/Construction	1.06	0.88	0.92	1.33	0.95	0.97	1.02	1.04
Environmental & Waste Services	0.91	0.78	0.79	1.05	0.82	1.09	0.86	0.92
Farming/Agriculture	0.99	0.74	0.77	0.63	0.68	0.85	0.93	0.77
Financial Svcs. (Non-bank & Insuran	1.14	0.32	0.33	0.10	0.11	0.15	0.11	0.16
Green & Renewable Energy	1.11	0.54	0.56	0.59	0.68	1.10	0.88	0.76
Hospitals/Healthcare Facilities	0.88	0.55	0.56	0.63	0.8	0.96	0.72	0.73
Hotel/Gaming	1.34	0.98	1.05	0.91	1.19	1.44	1.06	1.13
Investments & Asset Management	0.46	0.35	0.39	0.86	0.78	0.97	0.54	0.71
Machinery	1.03	0.91	0.94	1.10	0.96	1.18	1.09	1.05
Metals & Mining	0.96	0.86	0.91	1.09	0.82	1.13	1.22	1.03
Office Equipment & Services	1.14	0.82	0.88	1.24	0.83	1.11	0.84	0.98
Oil/Gas (Integrated)	0.67	0.61	0.64	1.12	0.98	1.25	0.95	0.99
Oil/Gas (Production and Exploration	0.93	0.79	0.82	1.08	0.81	1.13	1.14	0.99
Oil/Gas Distribution	0.79	0.52	0.53	0.62	0.6	0.86	0.66	0.65
Oilfield Svcs/Equip.	0.98	0.79	0.85	1.22	0.83	1.18	1.19	1.05
Real Estate (General/Diversified)	0.56	0.45	0.51	1.50	0.76	0.83	0.66	0.85
Recreation	1.17	0.81	0.85	0.75	0.77	1.07	1.08	0.90
Restaurant/Dining	1.19	1.00	1.02	0.75	1.11	1.33	1.17	1.08
Rubber & Tires	0.67	0.24	0.26	0.45	0.54	0.59	0.27	0.42
Shipbuilding & Marine	0.81	0.66	0.69	1.57	0.74	0.80	0.78	0.92
Software (Entertainment)	1.11	1.08	1.11	1.29	0.96	1.21	1.36	1.18
Software (Internet)	1.62	1.48	1.51	1.50	0.75	0.98	1.42	1.23
Software (System & Application)	1.29	1.24	1.27	1.15	0.89	1.12	1.41	1.17
Steel	1.13	0.98	1.08	1.29	0.78	0.98	1.21	1.07
Trucking	1.15	1.00	1.03	1.04	0.94	1.28	1.23	1.10
Total Market	1.00	0.74	0.79	<b>0.83</b>	0.75	0.91	0.88	0.83
Total Market (without financials)	1.10	0.94	0.97	<b>1.01</b>	0.86	1.04	1.12	1.00

**Fuente:** Tomado de Betas by Sector, por Damodaran, 2024,

[https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html)

Para el proyecto se tomará el promedio de los años 2020 a 2024 considerando un Beta () de 1.03.

Tabla 8. Riesgo País del Ecuador

EMBI Global Diversified Subindices	
Año	Ecuador
2017	6.22
2018	6.41
2019	6.92
2020	21.87
2021	9.11
2022	11.40
2023	16.78
2024 (Actual)	17.00

**Fuente:** Tomado de (Banco Central del Ecuador, 2024) <https://biblioteca.bce.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=53116>

Riesgo País promedio 7 años 2017 a 2024: 11.96 %

En los últimos 20 años (2002 a 2022), la rentabilidad media anualizada del S&P 500 es del 8,14%.

$$k_e = 4.24 \% + 1.03(8.14\% - 4.24\%) + 11.96\%$$

$$k_e = 20.217 \%$$

Este es el valor  $i$ , que se utilizará en la fórmula del factor de descuento, para determinar los flujos de caja actualizados al presente.

$$FD = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

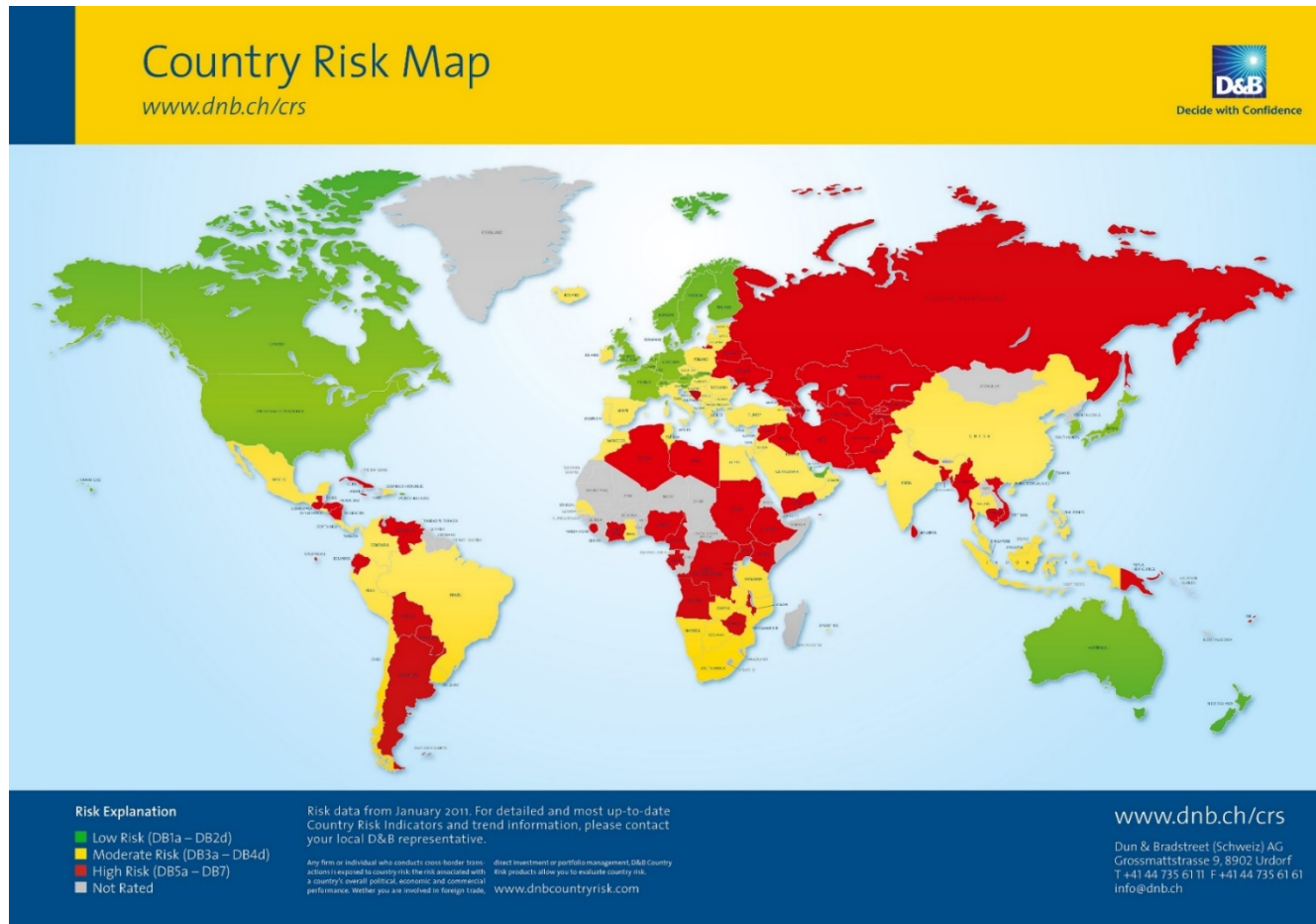
Donde:

FD= Factor de descuento

$i$ = Interés del capital

$t$ = Año o periodo

Figura 6. Mapa mundial de riesgo país



Fuente: Tomado de IEDGE – Riesgo país, García del Barrio, n.d., <https://www.iedge.eu/aurelio-garcia-riesgo-pais>

Tabla 9. Evaluación económica del proyecto

EVALUACIÓN MINA LA ESPERANZA								
Reservas	120479.31							
Vida de la mina	7	Precio Au	1850	Costo minado mineral	130			
Recuperación	87%			Costo minado desmonte	119			
Costo de la Deuda	11%	Humedad	6.94%	Costo de tratamiento	85			
Tasa de oportunidad	20.2%			G&A	2			
WACC	15.4%							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Mineral (T)		15000.00	15000.00	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00	18479.31
Ley de mineral (g/t)		13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6
Desmonte (T)		42000.00	42000.00	50400.00	50400.00	50400.00	50400.00	51742.07
Ratio de desmonte		2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
Au fino (Oz)		5,895.66	5,895.66	7,074.79	7,074.79	7,074.79	7,074.79	7,263.18
<b>Ingresos</b>		10,150,027	10,150,027	12,180,033	12,180,033	12,180,033	12,180,033	12,504,367
Costo de Minado		6,948,000	7,017,480	8,504,352	8,587,728	8,671,104	8,754,480	9,073,193
Costo de Tratamiento		1,186,515	1,186,515	1,423,818	1,423,818	1,423,818	1,423,818	1,461,732
G&A		114,000	114,000	136,800	136,800	136,800	136,800	140,443
<b>Costos &amp; Gastos de Ventas</b>		8,248,515	8,317,995	10,064,970	10,148,346	10,231,722	10,315,098	10,675,368
<b>EBITDA</b>		1,901,512	1,832,032	2,115,063	2,031,687	1,948,311	1,864,935	1,828,999
Depreciación		(32,000)	(32,000)	(32,000)	(32,000)	(32,000)	(32,000)	(32,000)
Amortización		(800)	(800)	(800)	(800)	(800)	(800)	(800)
<b>EBIT</b>		1,868,712	1,799,232	2,082,263	1,998,887	1,915,511	1,832,935	1,796,999
Impuesto a la renta		467,178	449,808	520,566	499,722	478,878	458,234	449,250
IVA		224,245	215,908	249,872	239,866	229,861	219,952	215,640
Participación de los trabajadores		186,871	179,923	208,226	199,889	191,551	183,293	179,700
Regalías Mineras		304,501	304,501	365,401	365,401	365,401	365,401	375,131
Depreciación		32,000	32,000	32,000	32,000	32,000	32,000	32,000
<b>NOPAT</b>		717,917	681,092	770,198	726,009	681,820	638,054	609,278
Inversión Mina	(1,359,085)							
Inversión Obras Civiles	(166,125)							
Inversión Intangibles	(57,902)							
Gastos en Cierre de Mina								(10,000)
Capital de Trabajo	(800,000)							800,000
<b>FREE CASH FLOW</b>	(2,383,112)	717,917	681,092	770,198	726,009	681,820	638,054	1,399,278
	(2,383,112)	597,184	471,275	443,307	347,599	271,544	211,379	385,605
		(1,785,928)	(1,314,653)	(871,346)	(523,747)	(252,203)	(40,824)	344,781

Fuente: Elaboración propia 4.1.5. Evaluación financiera del proyecto

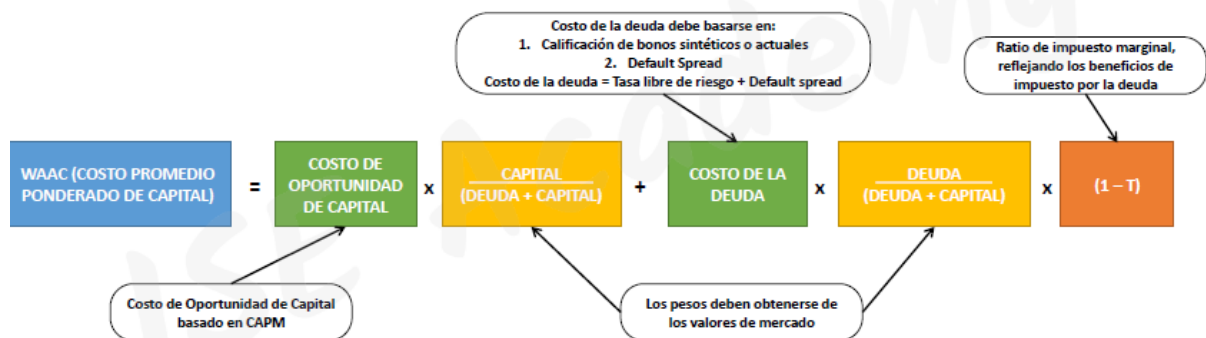
Se incluye las entradas y salidas de dinero relacionadas con inversiones en activos, financiamiento a través de deudas o emisión de acciones, pago de dividendos, recompra de acciones, entre otros.



La determinación de la tasa de descuento o coste del capital del activo financiero o proyecto de inversión se determina utilizando el CAPM para calcular el coste del capital propio de recursos propios y el coste de la deuda, y combinando ambas tasas en un único coste se efectúa utilizando el WACC. El modelo del costo del capital promedio ponderado conocido como WACC Weighted Average Cost of Capital es la tasa que debe utilizarse para descontar el flujo de fondos del activo o proyecto con financiamiento.

El WACC representa el costo promedio de todas las fuentes de fondos (acciones y deuda), ponderado por el peso relativo de las mismas en la estructura de pasivos de la empresa (o proyecto).

Figura 7. Fórmula del costo promedio ponderado de capital según el modelo CAPM



Fuente: Elaboración propia

$$WACC = ke * (0.6) + kd * (0.4) * (1 - T)$$

$$WACC = 20.22\% * (0.6) + 11\% * (0.4) * (1 - 0.25)$$

$$WACC = 15.4\%$$

Tabla 10. Evaluación financiera del proyecto

EVALUACIÓN MINA LA ESPERANZA								
Reservas	120479,31							
Vida de la mina	7	Precio Au	1850	Costo minado mineral	130			
Recuperación	87%			Costo minado desmonte	119			
Costo de la Deuda	11%	Humedad	6.94%	Costo de tratamiento	85			
Tasa de oportunidad	20.2%			G&A	2			
WACC	15.4%							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Mineral (T)		15000.00	15000.00	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00	18479.31
Ley de mineral (g/t)		13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6
Desmonte (T)		42000.00	42000.00	50400.00	50400.00	50400.00	50400.00	51742.07
Ratio de desmonte		2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
Au fino (Oz)		5,895.66	5,895.66	7,074.79	7,074.79	7,074.79	7,074.79	7,263.18
Ingresos		10,150,027	10,150,027	12,180,033	12,180,033	12,180,033	12,180,033	12,504,367
Costo de Minado		6,948,000	7,017,480	8,504,352	8,587,728	8,671,104	8,754,480	9,073,193
Costo de Tratamiento		1,186,515	1,186,515	1,423,818	1,423,818	1,423,818	1,423,818	1,461,732
G&A		114,000	114,000	136,800	136,800	136,800	136,800	140,443
Costos & Gastos de Ventas		8,248,515	8,317,995	10,064,970	10,148,346	10,231,722	10,315,098	10,675,368
EBITDA		1,901,512	1,832,032	2,115,063	2,031,687	1,948,311	1,864,935	1,828,999
Depreciación		(32,000)	(32,000)	(32,000)	(32,000)	(32,000)	(32,000)	(32,000)
Amortización		(800)	(800)	(800)	(800)	(800)	(800)	(800)
EBIT		1,868,712	1,799,232	2,082,263	1,998,887	1,915,511	1,832,935	1,796,999
Impuesto a la renta		467,178	449,808	520,566	499,722	478,878	458,234	449,250
IVA		224,245	215,908	249,872	239,866	229,861	219,952	215,640
Participación de los trabajadores		186,871	179,923	208,226	199,889	191,551	183,293	179,700
Regalías Mineras		304,501	304,501	365,401	365,401	365,401	365,401	375,131
Depreciación		32,000	32,000	32,000	32,000	32,000	32,000	32,000
NOPAT		717,917	681,092	770,198	726,009	681,820	638,054	609,278
Inversión Mina	(1,359,085)							
Inversión Obras Cíviles	(166,125)							
Inversión Intangibles	(57,902)							
Gastos en Cierre de Mina								(10,000)
Capital de Trabajo	(800,000)							800,000
FREE CASH FLOW	(2,383,112)	717,917	681,092	770,198	726,009	681,820	638,054	1,399,278
	(2,383,112)	(1,785,928)	(1,314,653)	(871,346)	(523,747)	(252,203)	(40,824)	344,781
Préstamos	953,245							
Amortización		(153,063)	(169,900)	(188,589)	(209,333)	(232,360)		
Gastos Financieros		(104,857)	(88,020)	(69,331)	(48,586)	(25,560)		
FINANCIAL CASH FLOW	(1,429,867)	459,997	423,173	512,278	468,089	423,900	638,054	1,399,278
	(1,429,867)	(1,031,361)	(713,762)	(380,683)	(117,019)	89,836	359,574	872,043

Fuente: Elaboración propia

#### **4.1.6. Indicadores económicos**

Con el desarrollo del flujo de caja se determina y analiza varios indicadores financieros entre los que están:

##### **EBITDA**

Hace referencia a las ganancias de las compañías antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones. Es decir, se entiende como el beneficio bruto de explotación calculado antes de la deducibilidad de los gastos financieros.

Con el EBITDA, se puede ver la capacidad que tiene la empresa para conseguir Beneficios únicamente considerando su actividad productiva.

##### **EBIT**

En este caso se vería el beneficio de la empresa antes de tener en cuenta los Intereses y los Impuestos. Es decir, la formula seria,  $EBIT = EBITDA + Depreciaciones + Amortizaciones$ .

Con el EBIT se tienen en cuenta los impuestos (estos varían dependiendo del país) y los Intereses (que van a depender según la financiación de una empresa), por lo que se puede comparar con otras empresas del sector que tengan distintos estos 2 conceptos.

##### **NOPAT**

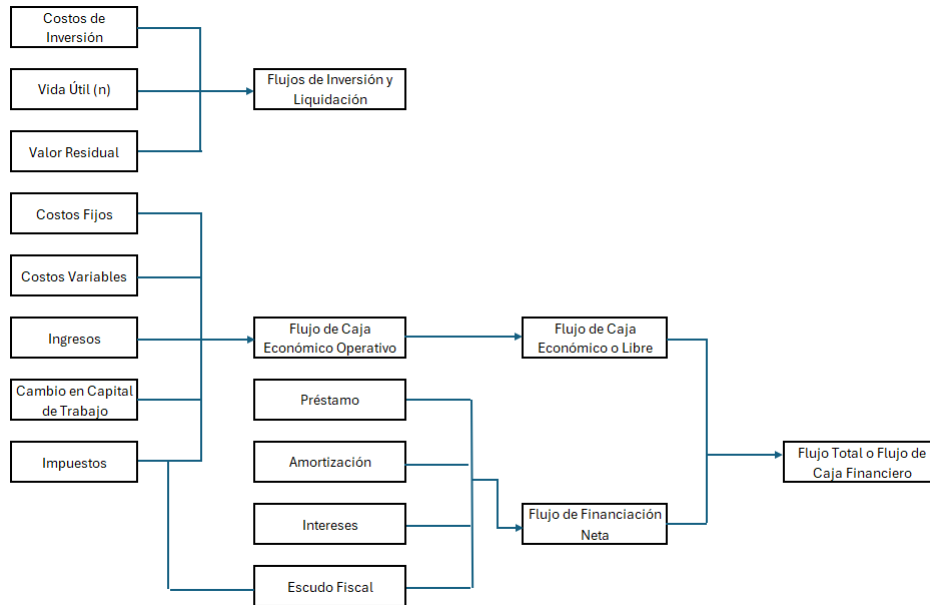
Es el beneficio operativo después de impuestos. Se calcula como beneficio operativo menos el impuesto.

##### **Escudo Fiscal**

El término "escudo tributario" no figura en nuestra legislación En realidad, es un concepto financiero utilizado para calcular el ahorro real en impuestos que un contribuyente logra al emplear ciertas estrategias financieras, contratos u operaciones específicas.

En los siguientes esquemas se puede visualizar los requerimientos y procedimientos para la determinación de estos indicadores financieros:

Figura 8. Estructura de los flujos de caja económico y financiero



Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Indicadores económicos de un flujo de caja

Ventas	(+)
Costo de Ventas	(-)
Gasto de Ventas	(-)
<b>EBITDA</b>	<b>(=)</b>
Regalías Mineras	(-)
Gravamen Minero especial	(-)
Depreciación	(-)
Amortización	(-)
<b>EBIT</b>	<b>(=)</b>
Impuesto a la renta	(-)
Participación a los trabajadores	(-)
Depreciación	(+)
<b>NOPAT</b>	<b>(=)</b>
Inversiones	(-)
Inversiones Sostenibles	(-)
Capital de trabajo	(+/-)
Valor de rescate	(+)
<b>Free Cash Flow (Flujo de Caja Libre)</b>	<b>(=)</b>
Préstamos	(+)
Amortización*(1-T)	(-)
Gastos Financieros	(-)
<b>Flujo de Caja Financiero (Para accionista)</b>	<b>(=)</b>

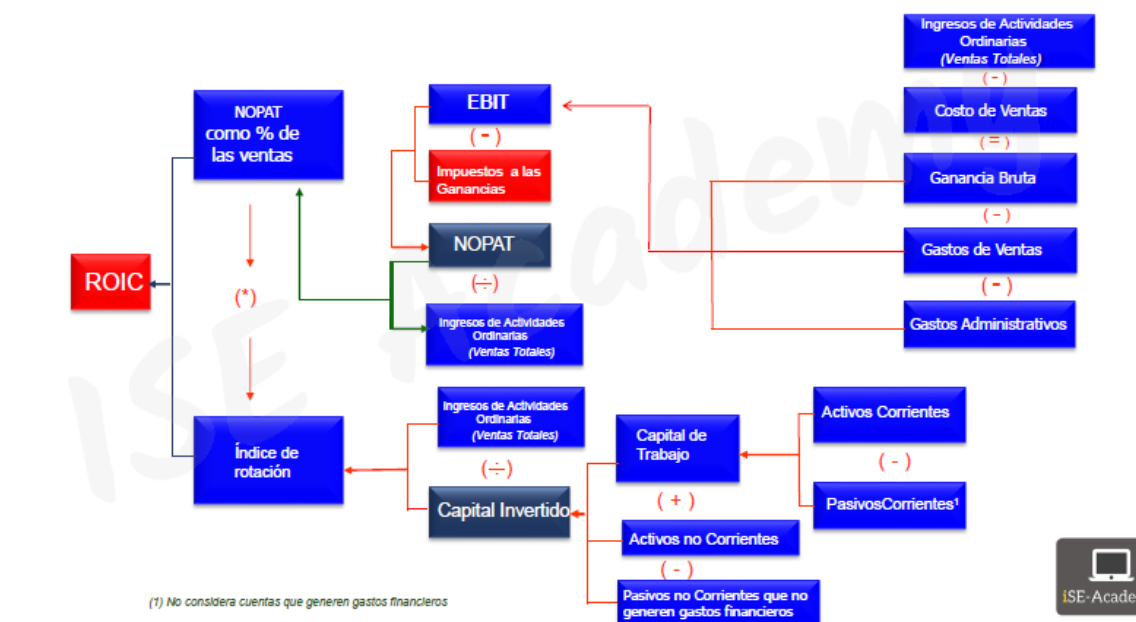
Fuente: Elaboración propia

**Retorno sobre el capital invertido (ROIC).**

ROIC es una medida del desempeño total de un negocio, determina la rentabilidad del capital invertido por los “socios”. Indica el retorno ganado en los recursos de largo plazo y no únicamente los accionistas.

$$ROIC = \frac{NOPAT}{Capital\ Invertido}$$

Figura 10. Gráfico de los elementos que constituyen el ROIC



Fuente: Tomado de Valuación de Proyectos Mineros, por Manuel Montenegro, 2020

**EVA**

“Es la medida financiera del desempeño que se aproxima más que cualquier otra a capturar la ganancia económica verdadera de una empresa.” (Castillo López, 2014)

“El EVA, como medida interna de la capacidad de la empresa de crear valor, proporciona un método simple que estaría al alcance de la mayoría de las compañías, para poder valorar su gestión.” (Castillo López, 2014)

$$EVA = (ROIC - WACC) * Capital\ Invertido\ Promedio$$

“Si  $EVA > 0$  – Se crea valor, los inversores dirigirán sus flujos de capital hacia la empresa.

Si  $EVA < 0$  – La gestión de la empresa destruye valor, los inversores reducirán los flujos de activos hacia la empresa.”

*Figura 11. Indicadores económicos del modelo determinístico*

<b>VANe</b>	344,781	<b>CAPITAL INV</b>	1,583,112
<b>TIRe</b>	25%	<b>NOPAT</b>	689,195
<b>Ire</b>	1.14	<b>ROIC</b>	43.5%
<b>VANf</b>	872,043	<b>EVA</b>	444,918
<b>TIRf</b>	31%	<b>Payback (años)</b>	6.11
<b>Irf</b>	1.61		

*Fuente:* Elaboración propia

#### **4.1.7. Análisis de riesgos**

Usualmente los análisis económicos parten del supuesto de que los valores de las variables se conocen con certeza absoluta. El riesgo y la incertidumbre se abordan de manera intuitiva y no cuantificada, confiando en la experiencia, los conocimientos y el criterio de los expertos. No obstante, en proyectos mineros nunca existe una certeza total, ya que hay múltiples factores que introducen una considerable incertidumbre.

Existen algunos métodos para tratar la variabilidad e incertidumbre, tales como:

- Análisis de sensibilidad
- Elasticidad del VAN
- Árboles de decisión
- Simulación de Montecarlo
- Heurística de decisión
- Pérdida de oportunidad
- Valor de la información

- Opciones reales, etc.

### Análisis de sensibilidad

"Un uso principal del análisis de sensibilidad es determinar qué inputs tienen mayor influencia sobre el output de un modelo. Los inputs con mayor influencia son aquellos a los que el modelo es más sensible." (Frey & Patil, 2002)

Para realizar el análisis de sensibilidad del proyecto se utilizó la carta tornado (Tornado Chart), cabe resaltar que este es un tipo de Análisis Unidimensional.

Tabla 11. Elasticidad del VAN para gráfico araña

Variable de entrada	Elasticidad <sup>1</sup>	VAN				
		-10.00%	-5.00%	0.00%	5.00%	10.00%
Precio Au · 2	22.38	(1,471,127)	(299,542)	872,043	2,043,628	3,215,213
Ley de Mineral g/t · 2	22.38	(1,471,127)	(299,542)	872,043	2,043,628	3,215,213
Recuperación · 2	22.38	(1,471,127)	(299,542)	872,043	2,043,628	3,215,213
Costo minado desmonte · 2	-20.69	2,126,665	1,499,354	872,043	244,732	(382,579)
Costo minado mineral · 2	-6.39	1,361,542	1,116,792	872,043	627,294	382,545
Costo de tratamiento · 2	-3.49	1,162,389	1,017,216	872,043	726,870	581,697
Humedad · 2	-1.78	1,025,134	948,588	872,043	795,498	718,953
Reservas · 2	1.63	730,153	801,098	872,043	942,988	1,013,933
Tasa de oportunidad · 2	-1.13	973,368	921,868	872,043	823,825	777,151
G&A · 2	-0.32	899,940	885,991	872,043	858,095	844,147
Costo de la Deuda · 2	-0.31	898,949	885,436	872,043	858,769	845,613

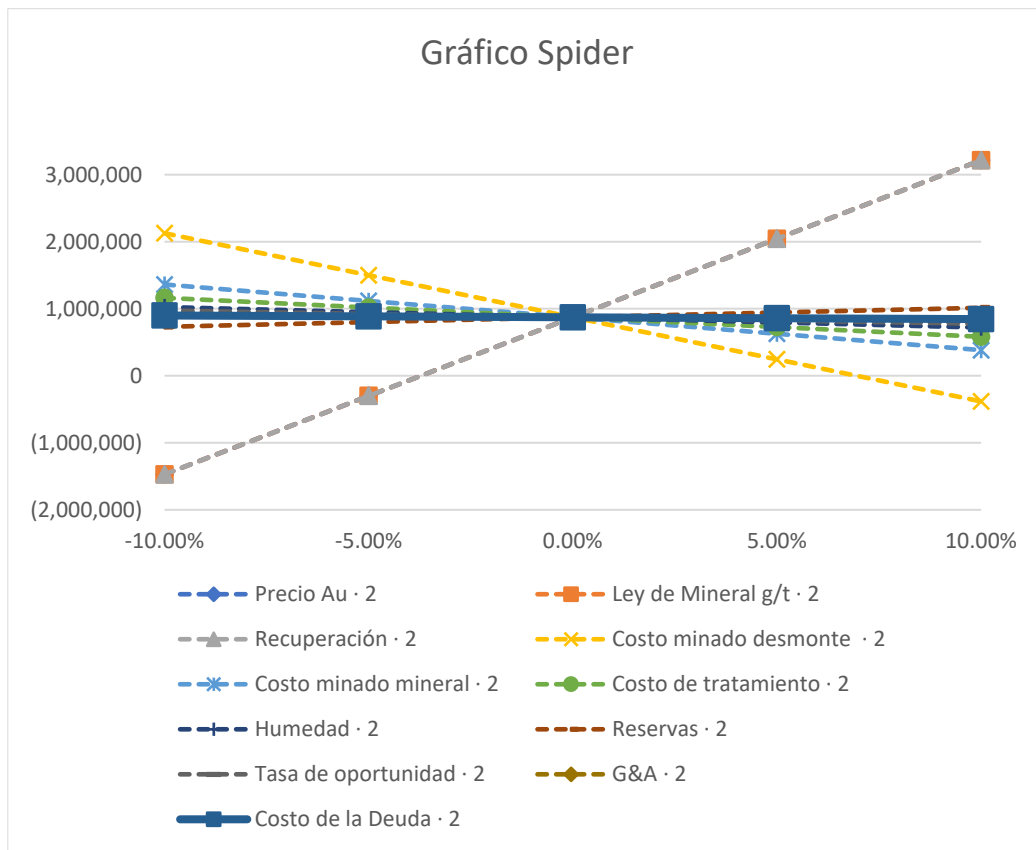
<sup>1</sup>a elasticidad1 es la media de todo el rango de prueba

Opciones de ejecución:

Método de Tornado	Desviaciones (por porcentaje)
Rango de prueba	-10% a 10%
Puntos de prueba	5
Personalizar rangos de prueba por variable	Desactivado
Mostrar variables superiores	20
Caso base de las variables de Crystal Ball	Valores de mediana

**Fuente:** Elaboración propia

Figura 12. Gráfico araña del análisis de sensibilidad del proyecto



Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Variabilidad del VAN para gráfico tornado

Variable de entrada	VAN				Entrada		
	Hacia abajo	Hacia arriba	Rango	Explicación de variación <sup>1</sup>	Hacia abajo	Hacia arriba	Caso base
Precio Au · 2	(1,471,127)	3,215,213	4,686,340	29.80%	1,665.00	2,035.00	1,850.00
Ley de Mineral g/t · 2	(1,471,127)	3,215,213	4,686,340	59.60%	12.24	14.96	13.60
Recuperación · 2	(1,471,127)	3,215,213	4,686,340	89.40%	78%	96%	87%
Costo minado desmonte · 2	2,126,665	(382,579)	2,509,245	97.95%	107.10	130.90	119.00
Costo minado mineral · 2	1,361,542	382,545	978,997	99.25%	117.00	143.00	130.00
Costo de tratamiento · 2	1,162,389	581,697	580,692	99.70%	76.50	93.50	85.00
Humedad · 2	1,025,134	718,953	306,181	99.83%	6.25%	7.63%	6.94%
Reservas · 2	730,153	1,013,933	283,780	99.94%	108,431.38	132,527.24	120,479.31
Tasa de oportunidad · 2	973,368	777,151	196,217	99.99%	18.2%	22.2%	20.2%
G&A · 2	899,940	844,147	55,793	100.00%	1.80	2.20	2.00
Costo de la Deuda · 2	898,949	845,613	53,336	100.00%	10%	12%	11%

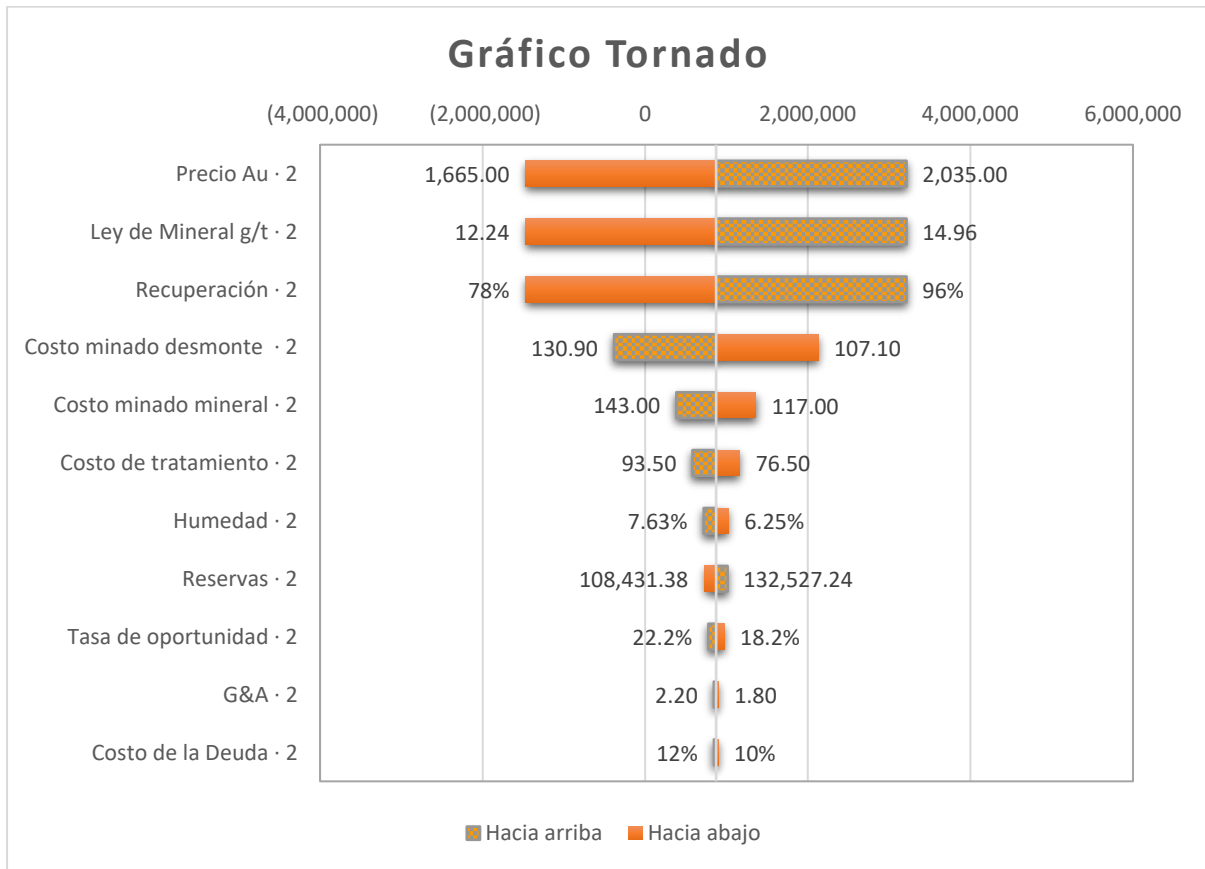
<sup>1</sup>a explicación de la variación 1 es acumulativa

Opciones de ejecución:	
Método de Tornado	Desviaciones (por porcentaje)
Rango de prueba	-10% a 10%
Puntos de prueba	5
Personalizar rangos de prueba por variable	Desactivado
Mostrar variables superiores	20
Caso base de las variables de Crystal Ball	Valores de mediana

Fuente: Elaboración propia



Figura 13. Gráfico tornado



Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Análisis de sensibilidad de dos variables conjuntas

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD														
	345	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100
80%		(4,825)	(4,320)	(3,815)	(3,310)	(2,805)	(2,300)	(1,795)	(1,290)	(785)	(280)	225	730	1,235
81%		(4,636)	(4,125)	(3,613)	(3,102)	(2,591)	(2,079)	(1,568)	(1,057)	(545)	(34)	477	989	1,500
82%		(4,446)	(3,929)	(3,411)	(2,894)	(2,376)	(1,858)	(1,341)	(823)	(305)	212	730	1,247	1,765
83%		(4,257)	(3,733)	(3,209)	(2,685)	(2,161)	(1,637)	(1,113)	(589)	(66)	458	982	1,506	2,030
84%		(4,068)	(3,537)	(3,007)	(2,477)	(1,947)	(1,416)	(886)	(356)	174	705	1,235	1,765	2,295
85%		(3,878)	(3,342)	(2,805)	(2,269)	(1,732)	(1,195)	(659)	(122)	414	951	1,487	2,024	2,560
86%		(3,689)	(3,146)	(2,603)	(2,060)	(1,517)	(975)	(432)	111	654	1,197	1,740	2,283	2,826
87%		(3,500)	(2,950)	(2,401)	(1,852)	(1,303)	(754)	(204)	345	894	1,443	1,992	2,542	3,091
88%		(3,310)	(2,755)	(2,199)	(1,644)	(1,088)	(533)	23	578	1,134	1,689	2,245	2,800	3,356
89%		(3,121)	(2,559)	(1,997)	(1,435)	(874)	(312)	250	812	1,374	1,936	2,497	3,059	3,621
90%		(2,931)	(2,363)	(1,795)	(1,227)	(659)	(91)	477	1,045	1,614	2,182	2,750	3,318	3,886
91%		(2,742)	(2,168)	(1,593)	(1,019)	(444)	130	705	1,279	1,853	2,428	3,002	3,577	4,151
92%		(2,553)	(1,972)	(1,391)	(810)	(230)	351	932	1,513	2,093	2,674	3,255	3,836	4,416
93%		(2,363)	(1,776)	(1,189)	(602)	(15)	572	1,159	1,746	2,333	2,920	3,507	4,094	4,682

Fuente: Elaboración propia

### Método Monte Carlo

El análisis de riesgo del proyecto se sustenta en el método de Monte Carlo, que es una técnica de simulación conceptualmente sencilla y fácil de entender y aplicar. Si bien requiere

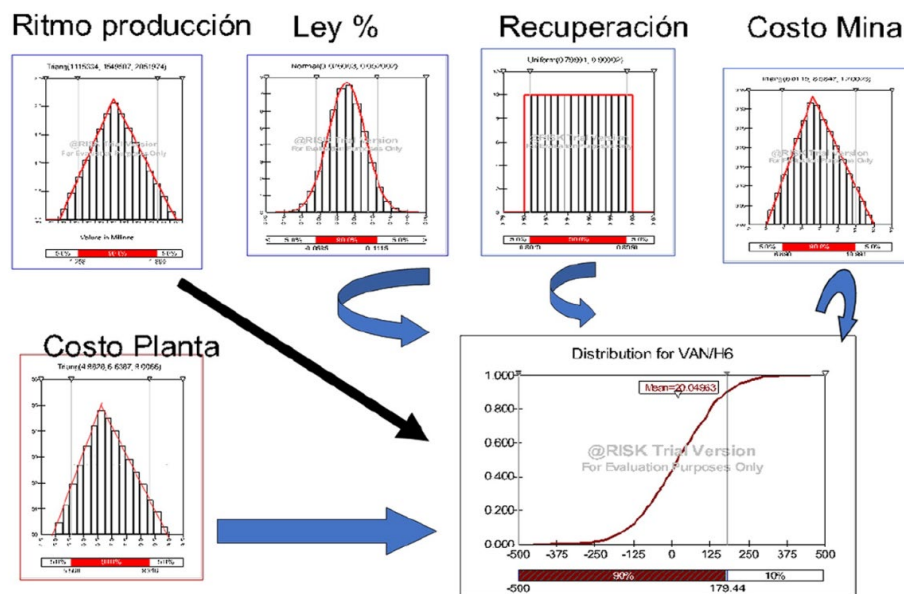
realizar una gran cantidad de cálculos repetitivos, estos se pueden ejecutar mediante una computadora.

Dentro de las variables de entrada que se van a analizar se tiene:

- a) Precio del metal
- b) Ley media de Au
- c) Recuperación Metalúrgica
- d) Costo de minado estéril
- e) Costo de minado mineral
- f) Costo de planta

Definidas las variables a estudiar mediante Monte Carlo, se debe asignar las funciones de distribución de probabilidad de cada variable que afecta a los objetivos de proyecto. Se define en primer lugar si las variables son discretas o continuas.

Figura 14. Metodología de aplicación del Método de Montecarlo



**Fuente:** Tomado de El poder de los riesgos en la gestión de proyectos mineros, (p. 61) por Viera Flores, 2023, MINERIA.

Luego se debe elegir la distribución de probabilidad que mejor se ajusta a nuestras variables, con lo cual se puede recurrir al software Easy Fit.

### Precio de venta del oro

Para la variable aleatoria precio de venta del oro en USD/oz t, se modela según una distribución de probabilidades triangular con una variación del valor determinístico entre un -15% y un 20%. Es decir, un criterio alentador sesgado a bajar el precio en un 15% y subir en un 20%.

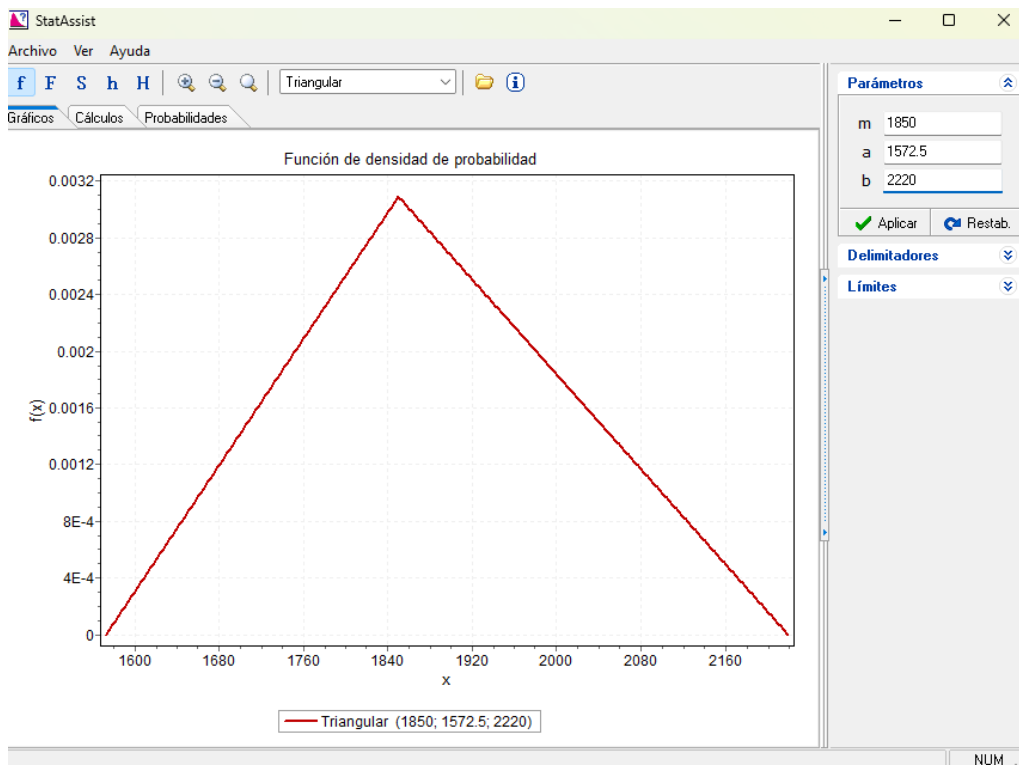
En la siguiente figura, se presenta la distribución de probabilidad para esta variable, el precio de venta tiene un valor más probable de 1850 USD/oz t, un valor mínimo de 1572.5 y un valor máximo de 2220.

*Figura 15. Resultados históricos del precio del oro*



**Fuente:** Tomado de Historial del precio del oro, por Inversoro, 2024, <https://www.inversoro.es/precio-del-oro/historial-precio-oro/>

Figura 16. Distribución de probabilidad del precio del oro



**Fuente:** Elaboración propia

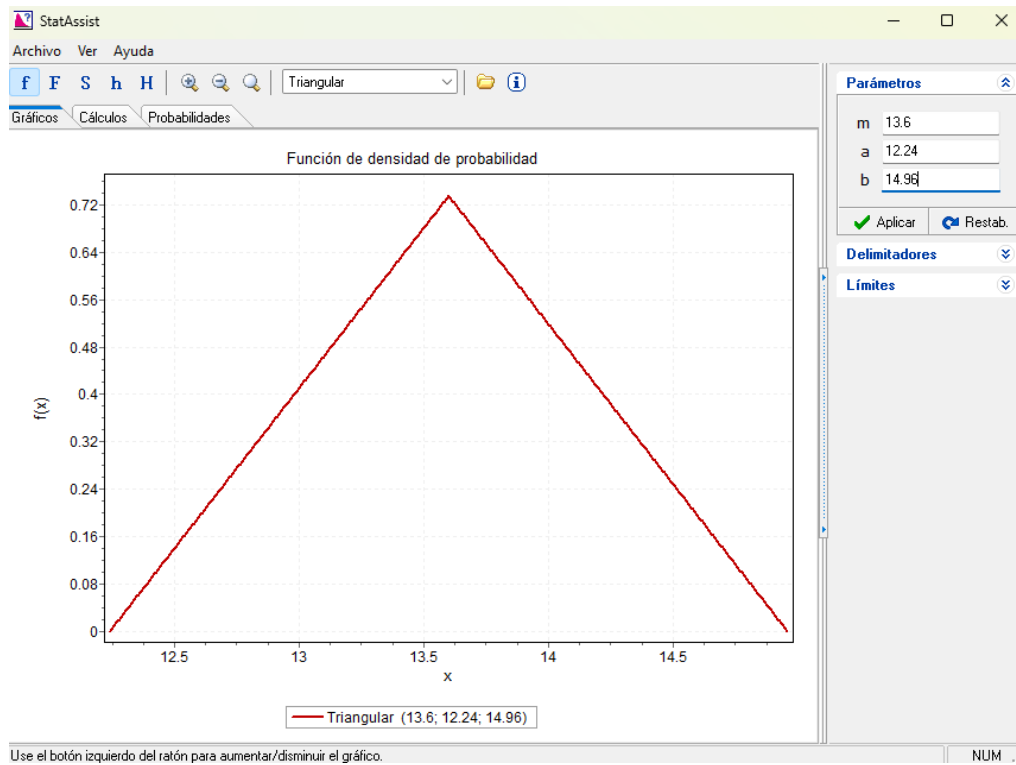
### Ley media del mineral oro

Para esta variable aleatoria, se utilizará una distribución de probabilidades triangular con una variación del valor determinístico entre un -10% y un 10%.

En la figura, se muestra la distribución de probabilidad triangular para la ley media mineral.

Esta ley tiene un valor más probable de 13.6 g/T, un valor mínimo de 12.24 y un valor máximo de 14.96.

Figura 17. Distribución de probabilidad de la ley media del proyecto



**Fuente:** Elaboración propia

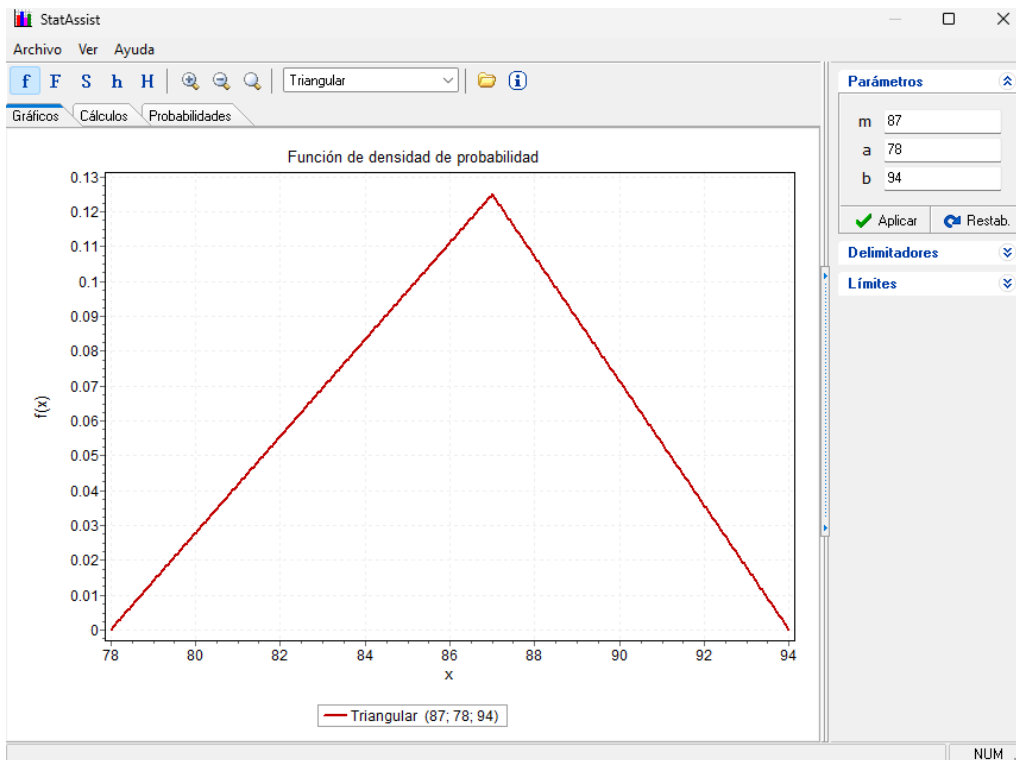
### Recuperación metalúrgica

Para la variable aleatoria recuperación, se utilizó una distribución de probabilidades triangular con una variación del valor determinístico entre un -10% y un 8%.

En la figura adjunta, se presenta la distribución para esta variable.

La recuperación tiene un valor más probable de 87%, un valor mínimo de 78% y un valor máximo de 94%.

Figura 18. Distribución de probabilidad del porcentaje de recuperación metalúrgica



**Fuente:** Elaboración propia

### Costo mina USD/t.

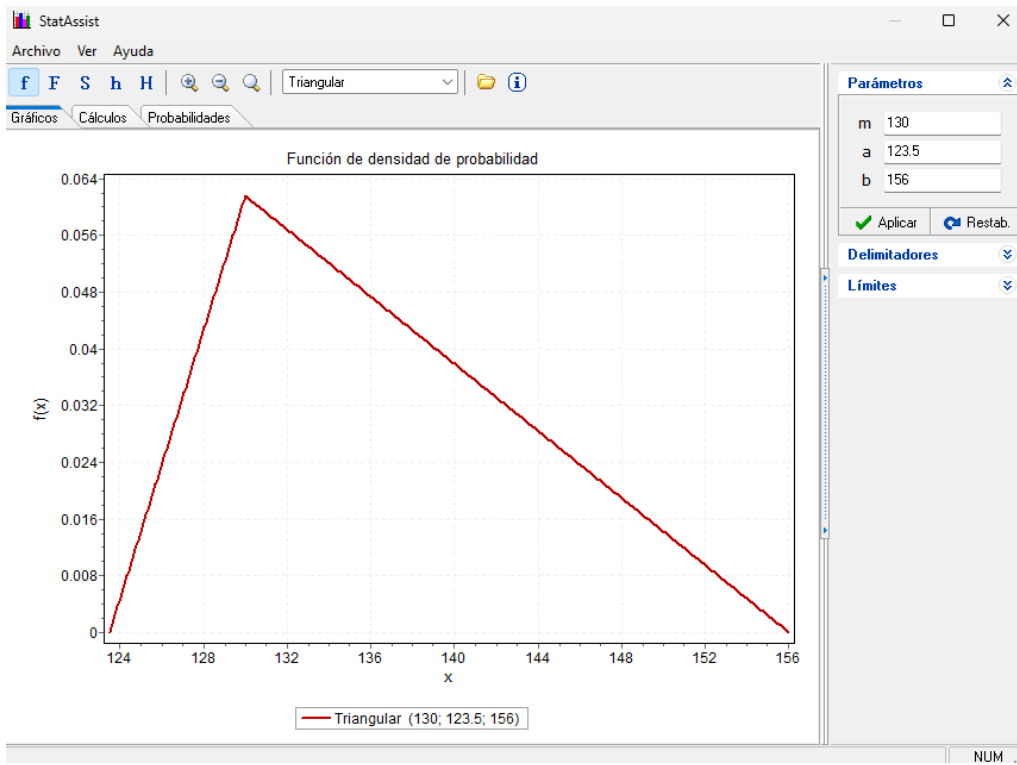
Para a variable aleatoria costo mina, se modela según una distribución de probabilidades triangular con una variación determinístico entre un -5% y un 20%. Sesgado a subir costos.

En la figura, se presenta la distribución de probabilidad triangular para el costo mina.

El costo de extracción del mineral tiene un valor más probable de 130 USD/t, un valor mínimo de 123.5 y un valor máximo de 156.

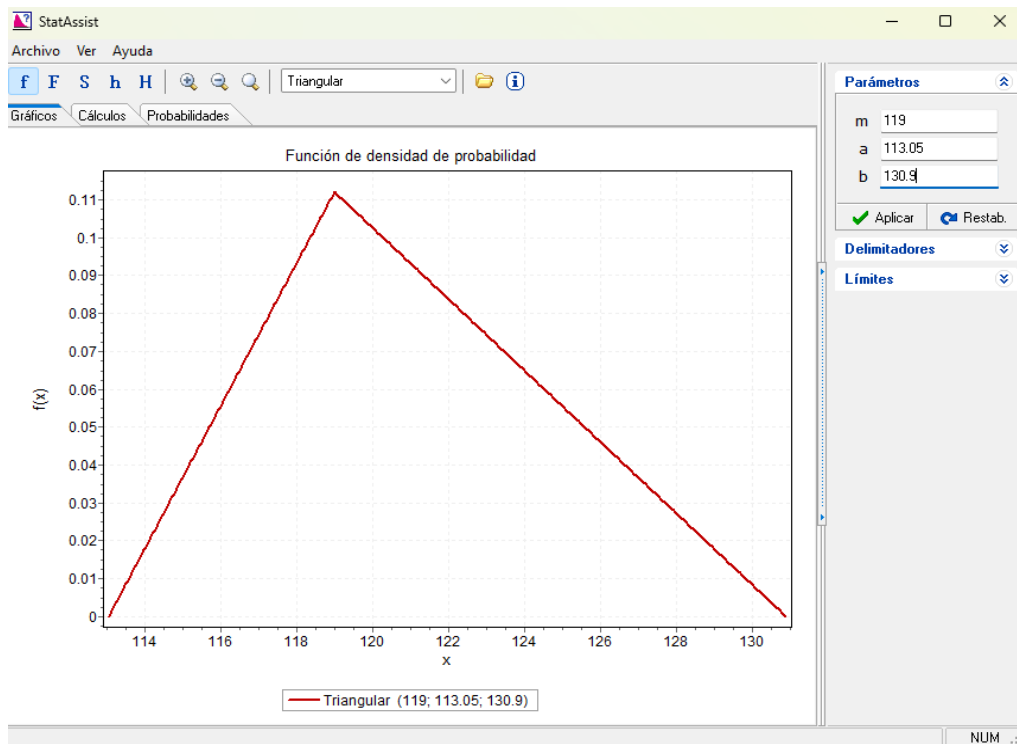
El costo de extracción del estéril tiene un valor más probable de 119 USD/t, un valor mínimo de 113.05 y un valor máximo de 130.9.

Figura 19. Distribución de probabilidad del costo de extracción de mineral



Fuente: Elaboración propia

Figura 20. Distribución de probabilidad del costo de extracción de estéril



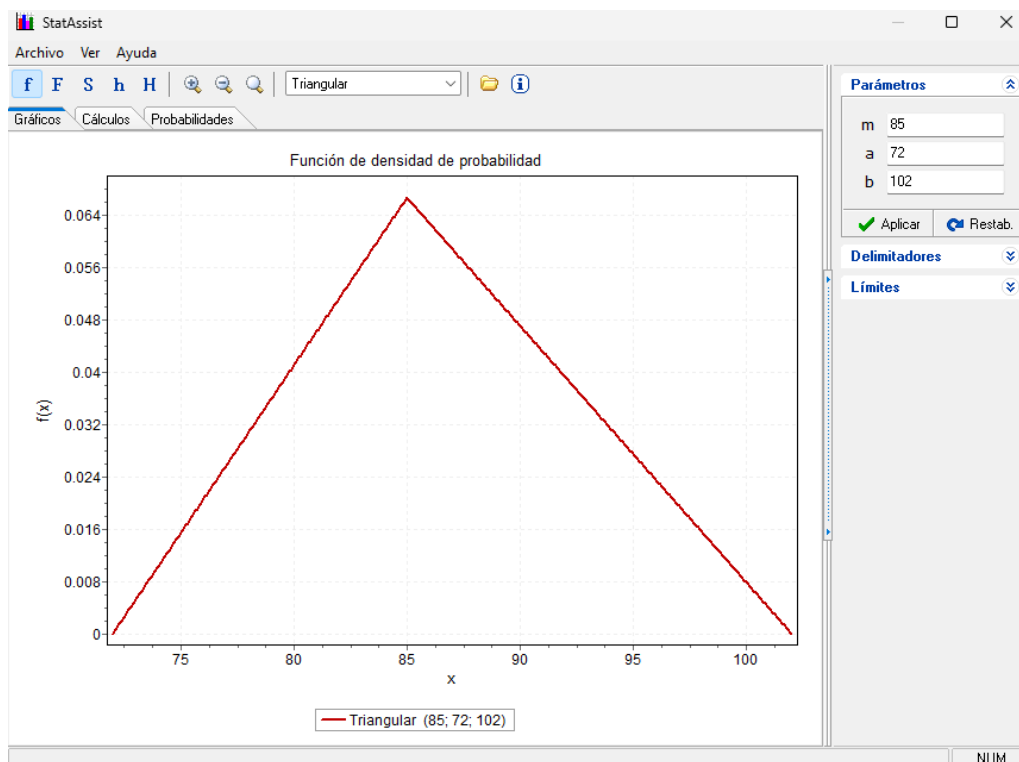
Fuente: Elaboración propia

### Costo planta USD/t

En la figura, se presenta la distribución de probabilidad triangular para el costo de planta.

El costo de extracción del mineral tiene un valor más probable de 85 USD/t, un valor mínimo de 72.25 y un valor máximo de 102.

Figura 21. Distribución de probabilidad del costo de procesamiento



**Fuente:** Elaboración propia

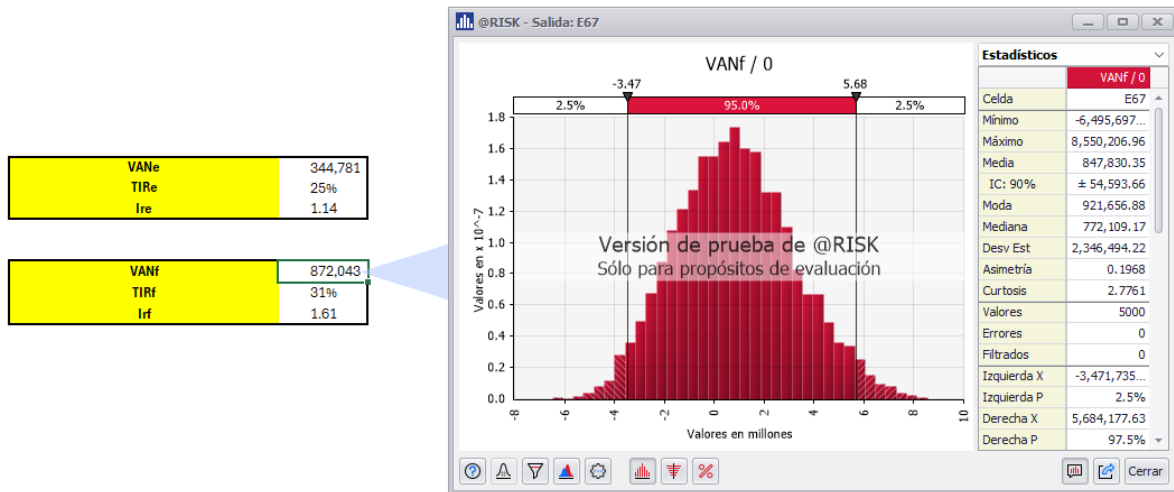
### Simulación probabilística

Con el fin de simular el análisis de riesgos del proyecto, se llevarán a cabo 5.000 iteraciones utilizando la metodología de simulación Hipercubo Latino con el software profesional @Risk. En estas iteraciones, todas las variables de entrada variarán aleatoriamente, emulando lo que ocurre en la realidad. Esto permitirá analizar el efecto que estas fluctuaciones producen en las variables de salida o indicadores económicos del



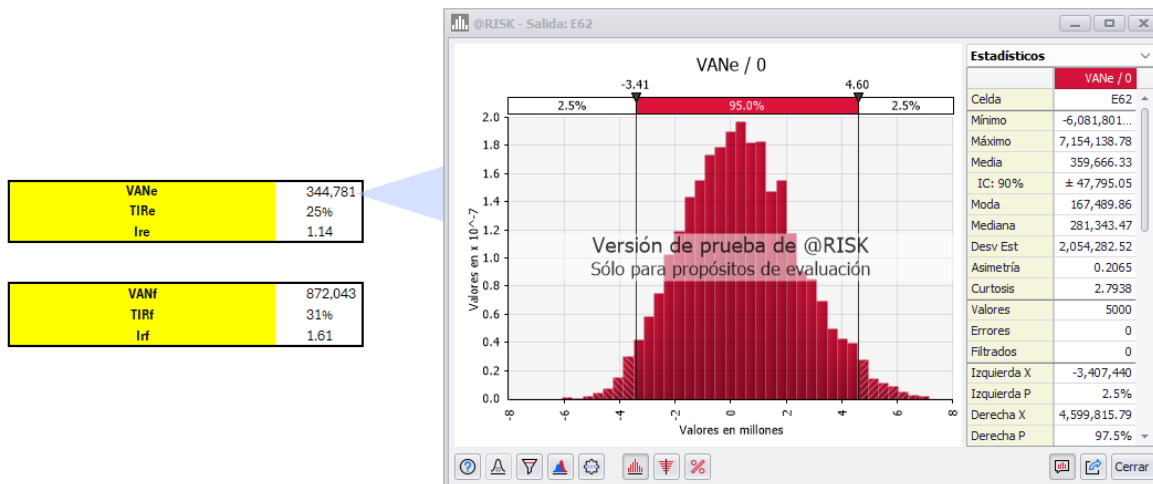
proyecto. En este caso, las variables de salida de la evaluación económica son el VAN y TIR del análisis económico y financiado.

Figura 22. Resultado de la simulación para VAN económico



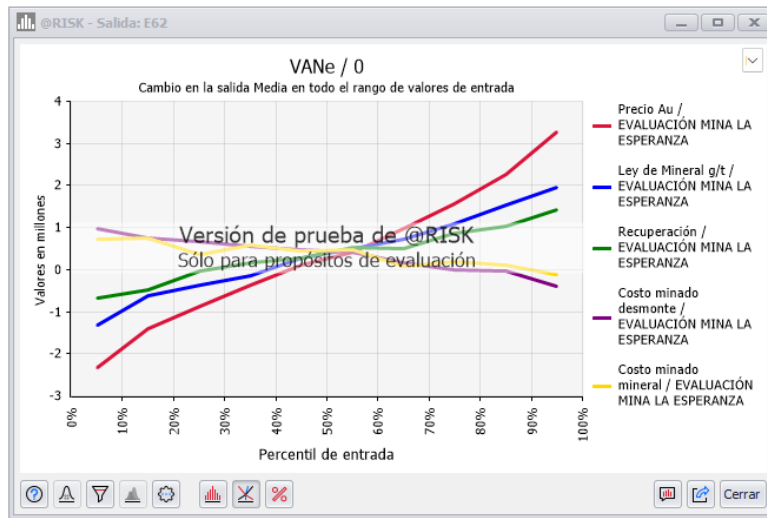
Fuente: Elaboración propia

Figura 23. Resultado de la simulación para VAN financiero



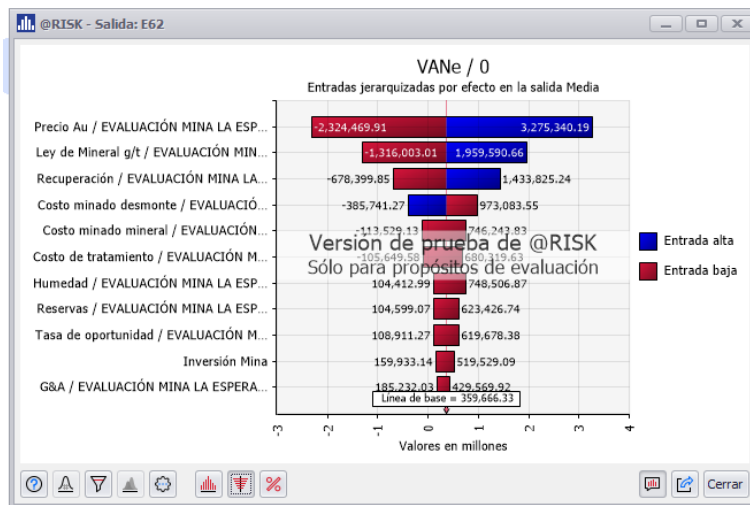
Fuente: Elaboración propia

Figura 24. Gráfico araña resultado de la simulación



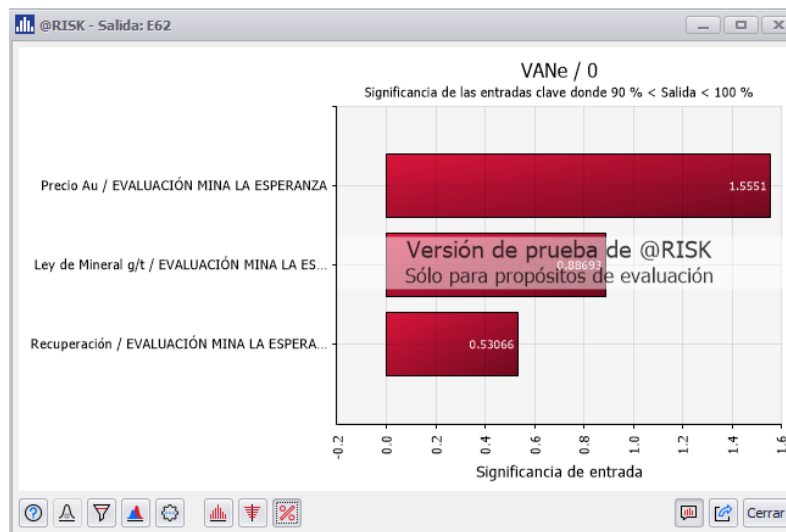
Fuente: Elaboración propia

Figura 25. Gráfico tornado del resultado de la simulación



Fuente: Elaboración propia

Figura 26. Gráfico de significancia de las variables de entrada al modelo



**Fuente:** Elaboración propia

## 4.2 Discusión de resultados

El análisis económico del proyecto utilizando el método de valores determinísticos arroja un valor actual neto positivo de 344,781 USD y una tasa interna de retorno aproximada del 25%. Estos indicadores aprueban inicialmente la viabilidad del proyecto, este resulta rentable para el capital de los accionistas, su tasa de retorno es alta en comparación con otras alternativas de inversión como camaroneras, bananeras, agricultura, entre otras actividades.

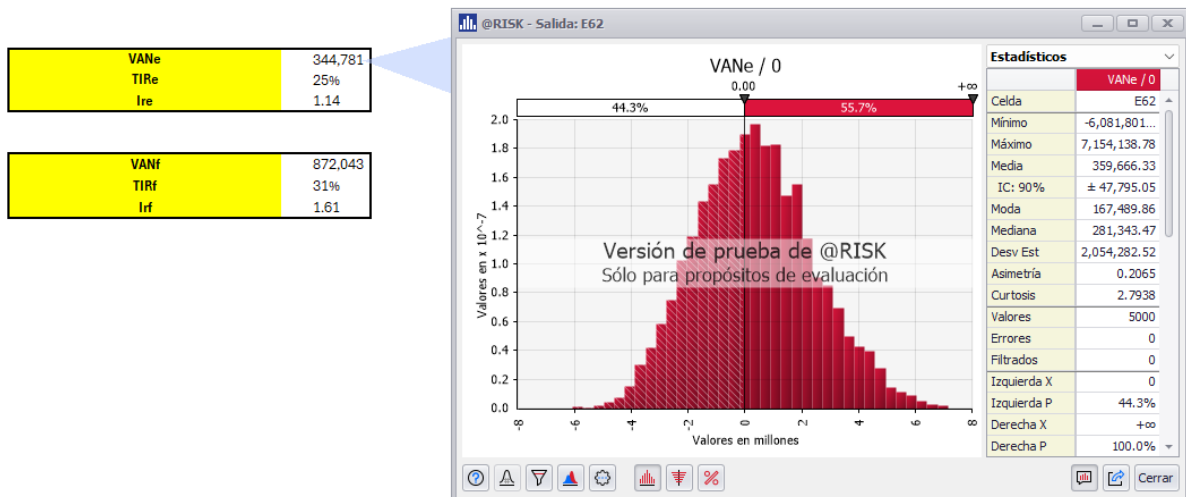
En muchas ocasiones, las compañías mineras no consideran el apalancamiento financiero, el cual consiste en utilizar capital de deuda para potencialmente incrementar los retornos de una inversión. Los resultados del análisis realizado incorporando deuda revelan un Valor Actual Neto de \$872,043, el doble del VAN obtenido únicamente con capital de los inversionistas. Asimismo, la Tasa Interna de Retorno alcanza el 31%, superior al Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC).

Dada la solidez de estas métricas financieras, el proyecto representa una inversión rentable y sumamente atractiva en el mediano plazo.

El análisis de riesgo revela, según la Figura 11 que la ley del mineral, el precio del oro y la recuperación metalúrgica son los factores más críticos e inciertos en la evaluación económica, mientras que las reservas, el costo del endeudamiento y la humedad tienen un impacto bajo.

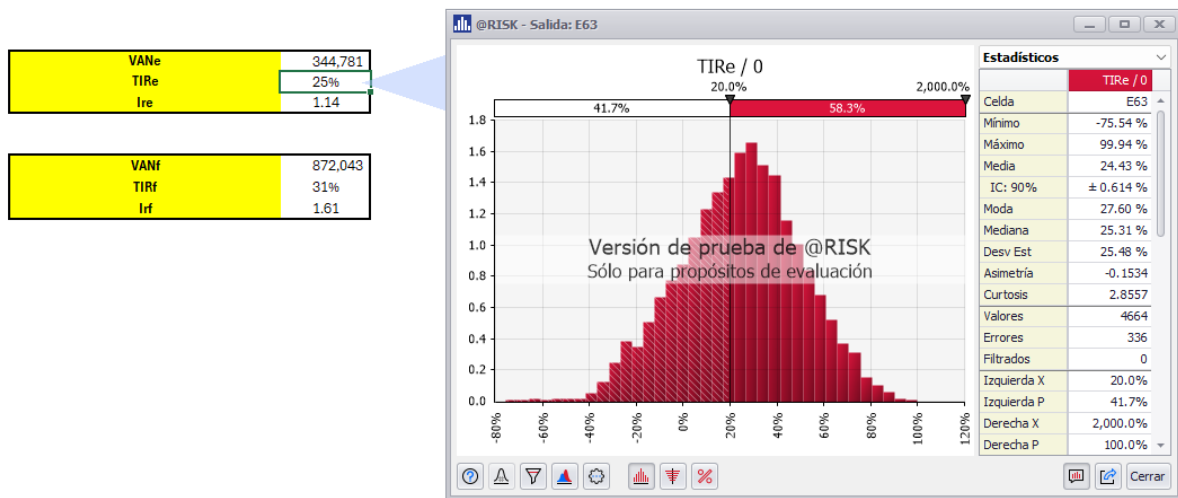
Adicionalmente, la Figura 12 muestra que, para los costos de minado y procesamiento, un descenso genera un incremento del VAN mucho más pronunciado que la disminución que se produce por un alza equivalente. Esta asimetría se refleja gráficamente en el área del tornado, a diferencia del gráfico de araña que no logra capturar este comportamiento.

Figura 27. Porcentaje de éxito del VAN económico



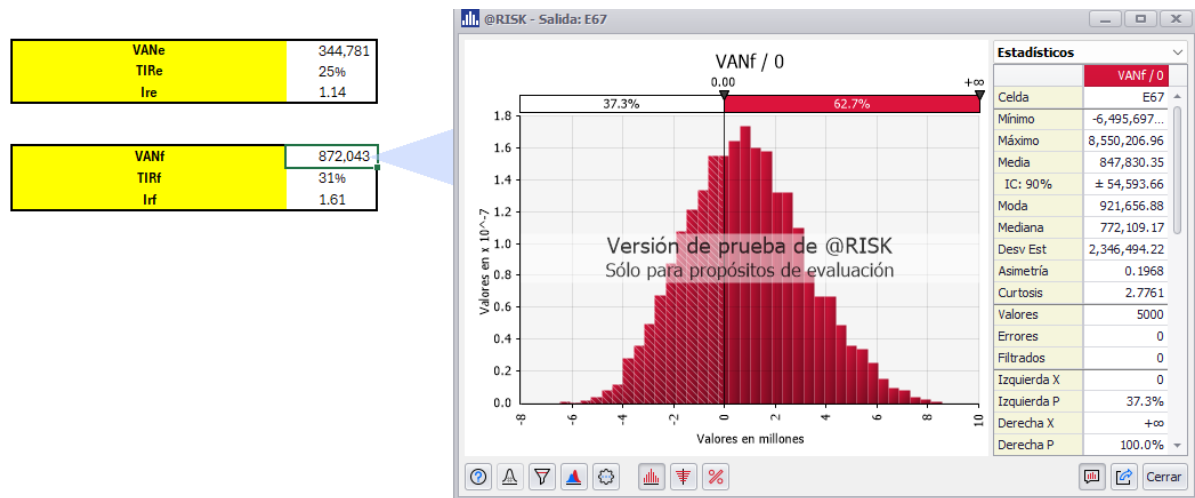
Fuente: Elaboración propia

Figura 28. Porcentaje de éxito del TIR económico



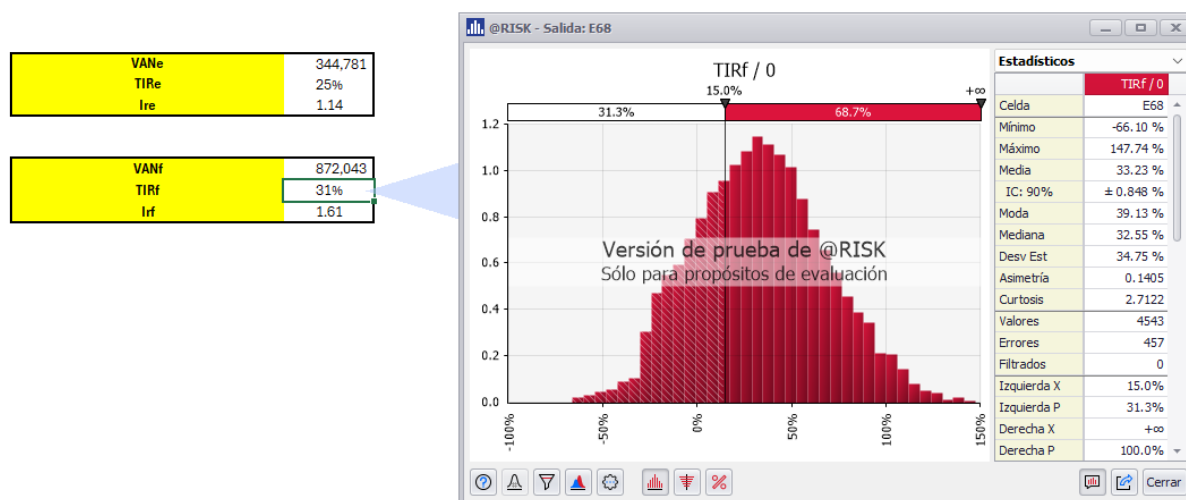
Fuente: Elaboración propia

Figura 29. Porcentaje de éxito del VAN financiero



Fuente: Elaboración propia

Figura 30. Probabilidad de éxito del TIR financiero



Fuente: Elaboración propia

La simulación de Monte Carlo determinó un valor esperado para el VAN económico de \$359,666.33, muy cercano al obtenido mediante el análisis determinístico. La probabilidad de éxito del proyecto es del 55%, lo que implica un 45% de riesgo de fracaso. Esto pone en evidencia el alto nivel de riesgo inherente a este y la mayoría de los proyectos mineros. Cuando no se realizan estos estudios de riesgos, no se cuantifica adecuadamente la flexibilidad y tolerancia al riesgo que se debe tener, aumentando las posibilidades de que estos proyectos fracasen.

A continuación, se presenta un resumen tabulado del análisis Montecarlo:

Tabla 14. Variación de resultados del proyecto

Nº intentos	VAN financiero	Índice de fiabilidad	Fiabilidad
1000	859,568.22	1.87	98.19%
2000	851,600.30	1.885	98.06%
5000	839,287.91	1.89	98.22%
10000	847,830.35	1.91	98.27%

Fuente: Elaboración propia

El gráfico de tornado en la Figura 24 muestra la importancia relativa de las variables de entrada en forma conjunta para el estudio económico. Mientras que el gráfico de la Figura 25 presenta la relevancia de cada variable evaluada de manera individual e independiente.

Es importante tener en cuenta que este proyecto utiliza los valores vigentes tanto de las variables geológicas como económicas, y servirá de base para la toma de decisiones durante un periodo de tiempo específico posterior a su realización. Luego de ese lapso, será necesario actualizar los valores, principalmente los económicos, debido a los efectos de la inflación nacional y posibles cambios drásticos a nivel global que pudieran impactar las proyecciones.

Se observa que los resultados de confiabilidad varían marginalmente a medida que se aumenta el número de simulaciones ejecutadas. Esto se debe a la naturaleza probabilística del método. En cuanto al tiempo de procesamiento, para 1000 iteraciones se requieren 5 segundos, mientras que para 10,000 iteraciones el cómputo demanda 40 segundos cuando se emplea el programa @Risk.

*Tabla 15. Fiabilidad de simulación Montecarlo por el n ° de iteraciones*

Variable	Resultado Determinístico	Resultado Montecarlo	Variación Porcentual
VAN económico	344,781	359,666.33	4.32%
TIR económico	25%	24.43%	2.28%
IR económico	1.14	1.1518	1.04%
VAN financiero	872,043	847,830.35	2.78%
TIR financiero	31%	33.23%	7.19%
IR financiero	1.61	1.595	0.93%

**Fuente:** Elaboración propia

## CAPÍTULO 5:

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

El presente estudio tuvo como objetivo examinar la factibilidad económica y financiera del proyecto de explotación de la mina Esperanza 1 de oro y plata. Después de realizar los análisis detallados, se pueden extraer las siguientes conclusiones principales:

En términos de viabilidad económica, los indicadores arrojan resultados favorables. Se obtuvo un VAN positivo de \$345,000 y una TIR del 25%, superando el costo de capital del 12%. El tiempo de retorno de la inversión es de 3.2 años. Estos resultados muestran que el proyecto es económicamente rentable bajo los supuestos del caso base.

No obstante, el análisis de sensibilidad identificó que el proyecto es altamente sensible a la ley del mineral, el precio de los metales y los costos operativos. Variaciones de +/-20% en estas variables pueden cambiar drásticamente la rentabilidad.

Del análisis de riesgos mediante simulación de Monte Carlo se concluye que existe un 55% de probabilidad de que el VAN sea positivo, lo que implica un 45% de riesgo de fracaso del proyecto. Este nivel de riesgo debe evaluarse a la luz del apetito de riesgo de la empresa o proyecto.

Dentro del escenario pesimista, con precios bajos y altos costos, el proyecto resultaría inviable con un VAN negativo. Por otro lado, en el escenario optimista la rentabilidad aumentaría considerablemente con un VAN proyectado de más de \$800,000.

Como estrategias de mitigación se recomienda implementar un estricto control de costos operativos, asegurar contratos de venta a precios atractivos y realizar más pruebas metalúrgicas para disminuir la incertidumbre sobre las leyes.



En conclusión, si bien el proyecto parece económicamente viable y rentable, exhibe un riesgo considerable inherente a la industria minera. La empresa deberá evaluar si la capacidad de la utilidad compensa adecuadamente los riesgos identificados antes de proceder con la inversión y explotación de las reservas calculadas, sobre todo por la situación que atraviesa el país.

## **5.2 Recomendaciones**

Implementar tecnologías y prácticas que mejoren la eficiencia en la extracción, procesamiento y transporte de minerales, reduciendo costos operativos y aumentando la utilidad bruta.

Realizar evaluaciones exhaustivas de los efectos ambientales y sociales de las operaciones mineras, adoptando medidas para minimizar impactos negativos y promoviendo prácticas sostenibles que contribuyan al desarrollo local y a la conservación del entorno, además, destinar una determinada cantidad a estos riesgos.

Explorar oportunidades para diversificar los destinos de exportación de los minerales, estableciendo relaciones comerciales con nuevos mercados, reduciendo la exposición a posibles fluctuaciones en la demanda de los principales compradores, y aumentando en cierto grado el valor de venta del metal.

Identificar correctamente nuevas variables críticas para centrar los esfuerzos de sensibilidad en ellas.

Asignar probabilidades a los diferentes escenarios identificados durante el análisis de sensibilidad, considerando la probabilidad de que ocurran eventos específicos y sus consecuencias en términos de riesgos y oportunidades para el proyecto.

## REFERENCIAS

- Antonio Botín, J. (2019). Managing Risk in Mining Investment Decisions: A Global Focus. *Boletín Geológico y Minero*, 130(1), 67–80.  
<https://doi.org/10.21701/bolgeomin.130.1.005>
- Banco Central del Ecuador. (2024). *BIBLIOTECA ECONÓMICA BCE - QUITO*.  
<https://biblioteca.bce.ec/>
- Bloomberg. (2024). *Rates and Bonds*. <https://www.bloomberg.com/markets/rates-bonds>
- Broden Durant, J. (2010). *Ingeniería de Costos*. 113.
- Bustillo, M., & López Jimeno, C. (1997). *Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras*.
- Castillo López, C. (2014, November 14). *¿Qué es el EVA? (Economic Value Added)*.  
<https://www.cesarcastillolopez.com/2014/11/que-es-el-eva-economic-value-added.html>
- Damodaran. (2024, January). *Betas by Sector (US)*.  
[https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html)
- Dougherty, H. N., Schissler, A. P., & Society for Mining, M. (n.d.). *SME mining reference handbook*.
- Eggert Roderick. (2010). *Mineral Exploration and Development: Risk and Reward*.
- Frey, H. C., & Patil, S. R. (2002). Identification and review of sensitivity analysis methods. *Risk Analysis*, 22(3). <https://doi.org/10.1111/0272-4332.00039>
- García del Barrio, A. (n.d.). *IEDGE – Riesgo país*. Retrieved April 1, 2024, from  
<https://www.iedge.eu/aurelio-garcia-riesgo-pais>

Google. (n.d.). *La Fortuna*. Retrieved May 4, 2024, from

<https://maps.app.goo.gl/Qj9BX7zM2HAutyQs8>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014).

*Metodología de la investigación* (Sexta ed.). Mc Graw Hill.

Inversoro. (2024). *Historial del precio del oro*.

Molina, A. (2019). Análisis de sensibilidad: ¿qué es y cuál es su importancia en un proyecto?

| Gestión de Proyectos | Apuntes empresariales | ESAN. In *Conexion ESAN*.

Vargas Cordero, Z. R. (2009). La Investigación Aplicada: Una Forma de Conocer las

Realidades con Evidencia Científica. *Revista Educación*, 33, 1–12.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>

Viera Flores, M. (2023, January). *El poder de los riesgos en la gestión de proyectos mineros*.

61. <https://revistamineria.com.pe/mineria/544/54/>