

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

Sensibilidad de la Evaluación Económica del Proyecto Minero El Domo-  
Curipamba, cantón Las Naves, provincia de Bolívar.

INGE-2433

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero en Minas**

Presentado por:

Byron Patricio López Soria

Guayaquil - Ecuador

Año: PAO I - 2024

## Dedicatoria

---

El presente proyecto lo dedico a mis padres, quienes me apoyaron en cada momento y me han inspirado en superar cada etapa de mi vida, también a todas las personas que han sido parte en la formación académica durante toda la carrera, que me han exigido que debo superarme para ser una mejor versión de mí.

## Agradecimientos

---

Mi más sincero agradecimiento a Dios, por darme fortaleza, a mis padres por su incansable apoyo, a la ESPOL por formarme integralmente, al tutor por su guía invaluable en mi carrera universitaria. Esta etapa culminante en la vida académica ha sido posible gracias a la Universidad, que me ha enriquecido con el conocimiento y experiencias significativas en mi crecimiento personal y profesional.



## Declaración Expresa

---

Yo Byron Patricio López Soria acuerdo y reconozco que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, lunes 27 de mayo del 2024.



---

Byron Patricio Lopez Soria

## Evaluadores



Firmado electrónicamente por:  
SAMANTHA TAMARA  
JIMENEZ OYOLA

---

**PhD. Samantha Tamara Jiménez Oyola**

Profesor de Materia



Firmado electrónicamente por:  
RENE SILVIO AYALA  
LOMAS

---

**MSc. René Silvio Ayala Lomas**

Tutor de proyecto

## Resumen

Los proyectos mineros en Ecuador son una fuente clave para el desarrollo económico y social del país. No obstante, la industria se enfrenta a desafíos como la volatilidad de los precios y los cambios en las regulaciones, lo que dificulta atraer inversionistas. Por ello, es fundamental realizar un análisis de sensibilidad, que permite evaluar cómo las variaciones en las variables independientes impactan la viabilidad económica del proyecto, ayudando a mitigar riesgos y a optimizar la toma de decisiones. Esta investigación evalúa la sensibilidad económica del proyecto minero El Domo-Curipamba, ubicado en la provincia de Bolívar, cantón Las Naves. Se consideran variables independientes como los precios de metales (Au, Ag, Cu, Zn y Pb), CAPEX (capital inicial) y OPEX (costos operativos), que impactan el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), antes y después de impuestos. Para el análisis, se examinaron informes previos del proyecto, incluyendo estudios de perfil del 2014, prefactibilidad del 2019 y factibilidad del 2021, bajo la Norma NI 43-101. Se utilizó el software @RISK y se aplicó el método Monte Carlo, definiendo distribuciones de probabilidad: Triangular para los precios de Au, Ag, Cu y Pb; Pert para el precio del Zn, así como para CAPEX y OPEX; y Uniforme para riesgos e incertidumbres. Se realizaron 10,000 iteraciones con una confianza del 95%, obteniendo gráficos de Histograma, Tornado y Araña. Los resultados mostraron que el VAN del proyecto, después de impuestos, fue de 221,616.00 USD y la TIR fue del 7%. El metal más crítico que afecta significativamente al proyecto es el cobre. Los riesgos e incertidumbres que más impactan el VAN incluyen la crisis de precios, especulación, derechos de servidumbre, influencia política, sistemas legales regulatorios, regalías y caducidad por daño ambiental. Las conclusiones indican que, aunque el proyecto es económicamente viable, su rentabilidad depende de la estabilidad de los precios de los metales y de la gestión efectiva de los riesgos. Se recomienda un monitoreo constante de estas variables para optimizar la toma de decisiones y asegurar el éxito del proyecto.

**Palabras Clave:** Análisis de sensibilidad, Tasa Interna de Retorno, Valor Actual Neto, flujo de caja, evaluación financiera, proyectos mineros.

### **Abstract**

*Mining projects in Ecuador are a key source for the country's economic and social development. However, the industry faces challenges such as price volatility and regulatory changes, which make it difficult to attract investors. Therefore, conducting a sensitivity analysis is essential, as it allows for the assessment of how variations in independent variables affect the project's economic viability, helping to mitigate risks and optimize decision-making. This research evaluates the economic sensitivity of the El Domo-Curipamba mining project, located in the province of Bolívar, Las Naves canton. Independent variables considered include metal prices (Au, Ag, Cu, Zn, and Pb), CAPEX (initial capital), and OPEX (operating costs), which impact the Net Present Value (NPV) and the Internal Rate of Return (IRR), both before and after taxes. For the analysis, previous project reports were reviewed, including the 2014 profile study, the 2019 pre-feasibility study, and the 2021 feasibility study, under the NI 43-101 Standard. The @RISK software was used, and the Monte Carlo method was applied, defining probability distributions: Triangular for the prices of Au, Ag, Cu, and Pb; Pert for the price of Zn, as well as for CAPEX and OPEX; and Uniform for risks and uncertainties. A total of 10,000 iterations were performed with a 95% confidence level, producing Histogram, Tornado, and Spider charts. The results showed that the project's NPV, after taxes, was USD 221,616.00, and the IRR was 7%. The most critical metal significantly affecting the project is copper. The risks and uncertainties that most impact the NPV include price crises, speculation, easement rights, political influence, regulatory legal systems, royalties, and expiration due to environmental damage. The conclusions indicate that although the project is economically viable, its profitability depends on the stability of metal prices and effective risk management. It is recommended to continuously monitor these variables to optimize decision-making and ensure the project's success.*

**Keywords:** *Sensitivity analysis, Internal Rate of Return, Net Present Value, cash flow, financial evaluation, mining projects.*



## Índice general

Resumen .....	I
Abstract .....	II
Abreviaturas .....	VI
Simbología .....	VIII
Índice de figuras .....	IX
Índice de tablas.....	XI
Capítulo 1 .....	1
1.    Introducción .....	2
1.1    Descripción del Problema.....	4
1.2    Justificación del Problema.....	4
1.3    Objetivos.....	5
1.3.1    Objetivo general .....	5
1.3.2    Objetivos específicos.....	5
1.4    Marco teórico.....	6
1.4.1    Antecedentes de estudios de viabilidad de proyectos mineros de Ecuador ..	6
1.4.2    Niveles de evaluación de proyecto.....	8
1.4.3    Etapas financieras de un proyecto minero.....	9
1.4.4    Riesgos en proyectos mineros ISO 31000 e ISO 31010 .....	10
1.4.5    Tipos de modelos financieros.....	11
1.4.6    Análisis de Sensibilidad mediante el software @risk .....	12
1.4.7    Variables Independientes .....	13
1.4.8    Variables dependientes.....	13
1.4.9    Método de Monte Carlo .....	14
1.4.10    Marco legal aplicable al desarrollo de los proyectos mineros en Ecuador .	15
Capítulo 2 .....	17
2.    Metodología. ....	18

2.1	Diseño de la investigación .....	18
2.2	Ubicación del área de estudio .....	18
2.3	Etapas de flujograma de estudio .....	19
2.3.1	Etapa I .....	19
2.3.2	Etapa II .....	22
2.3.3	Etapa III.....	26
Capítulo 3 .....		28
3.	Resultados y análisis .....	29
3.1	Análisis de datos de las variables independientes (entrada) .....	30
3.1.1	Análisis distribución de probabilidad Triangular para el Au, Ag, Cu y Pb	30
3.1.2	Análisis de la estadística descriptiva del precio del Au, Ag, Cu y Pb.....	32
3.1.3	Análisis distribución de probabilidad Pert Precio del Zn, CAPEX y OPEX .....	33
3.1.4	Análisis de la estadística descriptiva del precio del Zn, CAPEX y OPEX .	35
3.1.5	Análisis distribución de probabilidad Uniforme de riesgos e incertidumbres. .....	36
3.1.6	Análisis de estadística descriptiva de variables de riesgos e incertidumbres en el rango económico bajo, medio y alto .....	38
3.2	Análisis de las variables dependientes VAN y TIR (salida).....	39
3.2.1	Análisis de resultados del VAN antes y después de impuestos .....	40
3.2.2	Análisis de resultados del TIR antes y después de impuestos.....	50
Capítulo 4 .....		57
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	58
4.1	Conclusiones.....	58
4.2	Recomendaciones .....	59
Referencias .....		61
Apéndices .....		63

Apéndice A: Cronograma de actividades para visita de campo al proyecto El Domo - Curipamba.....	63
Apéndice B: Precio de metales del 2014 - 2024 .....	64
Tabla B1. Valores de precios de metales de Au, Ag, Cu, Zn del 2014-2024.....	64
Tabla B2. Valores de precio del Pb del 2014 -2024.....	65
Tabla B3. Valores promedios de los precios de metales de Au, Ag, Cu, Zn, y Pb del 2014-2024.....	66
Apéndice C: Rangos y valores de variables independientes de riesgos e incertidumbres asociadas al VAN.....	67
Apéndice D: Rangos y valores de los valores del CAPEX y OPEX del Flujo de caja ....	68
Apéndice E: Flujo de caja para realizar el análisis de sensibilidad del proyecto con las variables independientes consideradas.....	69

### Abreviaturas

ARCOM	Agencia de Regulación y Control Minero
CAPEX	Gastos de Capital.
CRF	Relleno de Roca Cementada.
CuEq	Cobre Equivalente.
Datosmacro	Empresa que ofrece información económica y sociodemográfica de varios países
EIA	Estudio de Impacto Ambiental.
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral.
FOB	Libre a Bordo.
IC	Intervalo de confianza
ISO 31000	Gestión de riesgos - principios y directrices ISO 31010 Gestión de riesgos - técnicas de evaluación de riesgos.
Kitco	Empresa que se especializa en información de metales preciosos y materias primas
NI 43-101	Standards of Disclosure for Mineral Projects (siglas en inglés) Estándares de divulgación para proyectos mineros.
LOM	Life of Mine (siglas en inglés) Vida útil de la mina.
NSR	Retorno Neto de Fundición.
OPEX	Gastos Operativos.
PEA	Estudio de Evaluación Económica Preliminar.
Pert	Programa de Evaluación y Revisión Técnica.
RCCE	Riesgo Controlable Contrato de Explotación.
RCEF	Riesgo Directo Controlable Financiero – Económico.
RCL	Riesgo Controlado Legal.

RCT	Riesgo Directo Controlable Tributario.
RDII	Riesgo Difuso e Incontrolable Inversionista.
RDIP	Riesgo Difuso e Incontrolable Político.
RGEP	Riesgos Global Económico.
RMDS	Riesgo Mal Definido Social.
TIR	Tasa Interno de Retorno.
TPD	Toneladas por Día.
TSF	Tailing Storage Facility (siglas en inglés). Instalación de Almacenamiento de Relaves.
UPC	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
VAN	Valor Presente Neto.
@risk	Software de análisis de riesgo y decisiones.

**Simbología**

Ag	Plata
Au	Oro
Cu	Cobre
Pb	Plomo
Ton	Toneladas
USD	Dólar estadounidense
USD/lb	Dólar por libra de material
USD/ Oz	Dólar por onza de material
USD/Ton	Dólar por tonelada
Zn	Zinc

## Índice de figuras

Figura 2.1. Ubicación del Proyecto El Domo - Curipamaba.....	19
Figura 2.2. Flujograma de Etapa I.....	20
Figura 2.3. Flujograma de Etapa II.....	22
Figura 2.4. Flujograma de proceso de uso del software @risk para el análisis de sensibilidad .....	26
Figura 2.5. Flujograma de Etapa III .....	27
Figura 3.1. Gráfico de Estadística descriptiva de Distribución del Precio de venta del Au y Ag .....	31
Figura 3.2. Gráfico de Estadística descriptiva de Distribución del Precio de venta del Cu y Pb.....	31
Figura 3.3. Gráfico de Estadística descriptiva de Distribución del Precio de venta del Zn, CAPEX y OPEX .....	34
Figura 3.4. Gráfico de Estadística descriptiva de Distribución del CAPEX y OPEX .....	34
Figura 3.5. Gráfico de Estadística descriptiva de Distribución de variables independientes del Rango bajo económico (USD).....	37
Figura 3.6. Gráfico de Estadística descriptiva de Distribución de variables independientes del Rango medio y alto económico (USD) .....	37
Figura 3.7. Gráfico de Histograma de precio de metales, CAPEX y OPEX antes de impuestos.....	40
Figura 3.8. Gráfico de Histograma de precio de metales, CAPEX y OPEX después de impuestos.....	41
Figura 3.9. Gráfico de Histograma de precio de metales, incertidumbres asociadas al VAN, CAPEX y OPEX antes de impuestos .....	41
Figura 3.10. Gráfico de Histograma de precio de metales, incertidumbres asociadas al VAN, CAPEX y OPEX después de impuestos .....	42
Figura 3.11. Gráfico de Tornado del VAN considerando las variables independientes de precio de metales, CAPEX y OPEX antes de impuestos .....	45
Figura 3.12. Gráfico de Tornado considerando las variables independientes de precio de metales, CAPEX y OPEX .....	46
Figura 3.13. Gráfico de Tornado considerando las variables independientes de precio de metales, CAPEX, OPEX, e incertidumbres asociadas al VAN antes de impuestos .....	46

Figura 3.14. Gráfico de Tornado considerando las variables independientes de precio de metales, , CAPEX, OPEX, e incertidumbres asociadas al VAN antes de impuestos .....	47
Figura 3.15 Gráfico de Araña del VAN considerando el precio de metales, CAPEX y OPEX antes de impuestos.....	48
Figura 3.16. Gráfico de Araña considerando el precio de metales, CAPEX y OPEX después de impuestos.....	48
Figura 3.17. Gráfico de Araña considerando el precio de metales, incertidumbres asociadas al VAN, CAPEX y OPEX antes de impuestos.....	48
Figura 3.18. Gráfico de Tornado considerando el precio de metales, incertidumbres asociadas al VAN, CAPEX y OPEX después de impuestos.....	49
Figura 3.19. Gráfico de Histograma de TIR antes y después de impuestos.....	51
Figura 3.20. Gráfico de Tornado de TIR antes de impuestos y después de impuestos .....	54
Figura 3.21. Gráfico de Araña de TIR antes de impuestos y después de impuestos.....	55



## Índice de tablas

Tabla 2.1. Tabla de riesgos de variables independientes del proyecto El Domo – Curipamba .....	20
Tabla 2.2. Tabla de OPEX del informe del 2021 del proyecto El Domo - Curipamaba...	22
Tabla 2.3. Tabla del CAPEX del informe del 2021 del proyecto El Domo - Curipamba .....	24
Tabla 2.4. Tabla de incertidumbres (variables independientes) de los riesgos muy altos que afectan al VAN.....	25
Tabla 3.1. Resultados de estadística descriptiva de la distribución del precio de venta del Au, Ag, Cu y Pb .....	32
Tabla 3.2. Resultados de estadística descriptiva de la distribución del precio de venta del Zn, CAPEX y OPEX .....	35
Tabla 3.3. Resultados de estadística descriptiva de la distribución de variables independientes con riesgos e incertidumbres .....	39
Tabla 3.4. Resultados de la estadística descriptiva de gráfico de Histograma de precio de metales, variables de riesgos e incertidumbres, CAPEX y OPEX antes y después de impuestos .....	43
Tabla 3.5. Resultados de la estadística descriptiva de gráfico de Histograma del TIR antes y después de impuestos .....	52

# Capítulo 1

## 1. INTRODUCCIÓN

El sector minero en Ecuador tiene una gran importancia de desarrollo económico y social. Dispone de recursos y reservas mineras metálicas de cobre, oro, plata, entre otros, en diferentes escalas, desde minería artesanal hasta gran minería. Sin embargo, la industria minera en el país enfrenta diversos desafíos, especialmente en las inversiones, pues los titulares mineros deben considerar diversos factores de incertidumbre como el aspecto sociopolítico, extracción ilícita de minerales, seguridad y aspecto ambiental, que afectan negativamente en la financiación de los proyectos mineros.

En la actualidad, según Cabezas Arboleda (2023), existen tres proyectos que se encuentran terminado su fase de factibilidad para pasar a la fase de explotación. El Proyecto El Domo - Curipamba de mediana minería subterránea se encuentra en la provincia de Bolívar, es operado por Curimining S.A., subsidiaria de Adventus Mining Corporation. La inversión planificada es de USD 235 millones para 2023-2025 y se espera generar 564 empleos. El proyecto tiene una vida estimada de 14 años. El segundo proyecto es La Plata, ubicado en Cotopaxi, es operado por la compañía minera La Plata S.A., subsidiaria de Ático Mining Corporation. Se dedica a realizar extracciones de cobre, oro y plata en la categoría de mediana minería, mediante explotación subterránea, con una vida útil estimada de 9 años, con una inversión programada de USD 75.90 millones distribuidos en 0.9 millones en 2023, 25 millones en 2024 y 50 millones en 2025, y finalmente, el Proyecto Loma Larga de gran minería, explotación subterránea, localizado en Azuay, operado por Dundee Precious Metals Ecuador S.A., subsidiaria de Dundee Precious Metals, tiene propuesta una inversión total de USD 499 millones, de los cuales USD 90.41 millones ya fueron invertidos en el 2022.

En la etapa de evaluación económica de factibilidad, según Estrategias de Inversión (2024), se debe realizar el análisis de sensibilidad del proyecto, para determinar cómo pueden afectar los valores de un conjunto de variables independientes a una o más variables dependientes. En el

caso de un proyecto minero, se refiere como variable dependiente al Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), de tal forma que permita la toma de decisiones al titular minero de manera informada, acertada y minimizando las incertidumbres en la inversión de proyectos mineros.

En el presente trabajo de titulación se trabaja con base en el proyecto El Domo - Curipamba, cuyos informes técnicos-económicos se encuentran realizados bajo la norma NI 43-101. Estos documentos incluyen el estudio de prefactibilidad y el perfil del proyecto en el 2014, la evaluación de la prefactibilidad en el 2019, y el informe definitivo de factibilidad del 2021.

Según Calvo et al. (2014), en el informe del perfil del Proyecto El Domo - Curipamba del 2014, se realizó un análisis económico preliminar que reveló la viabilidad favorable del proyecto para pasar a la etapa de prefactibilidad; este análisis arrojó que una TIR del 30% y un VAN que alcanzó los \$86 millones de dólares, antes de impuestos.

Así mismo, Patel et al. (2019), en el informe de prefactibilidad del 2019 del Proyecto El Domo - Curipamba, destacó la identificación del depósito mineral bajo la aplicación del estándar NI 43-101 para asegurar la veracidad de la información técnica-económica, ambiental y social. Además, se abordaron aspectos como los costos operativos, recuperación metalúrgica y recursos minerales. Los valores de TIR y VAN para este informe fueron del 40% después de impuestos, y de \$288 millones de dólares, respectivamente (tasa del 8% de descuento), lo que permitió avanzar a la etapa de factibilidad.

Por último, Bisailon et al. (2021), en el informe de factibilidad del 2021 del proyecto El Domo – Curipamba, detalla la información de los concentrados de cobre, oro, plata, plomo y zinc, mediante trituración y flotación en dos etapas. Se menciona que se incluye una infraestructura para el tratamiento de agua y cierre de instalación de almacenamiento de relaves (TSF). El análisis económico, destaca los costos operativos de \$ 364 millones, con una TIR del 32% y un VAN de 258,578 millones, con una tasa del 8% del descuento, lo que permitió la

decisión del titular minero para pasar a la etapa de construcción, explotación y beneficio de minerales.

El presente estudio se enfoca en modernizar el análisis de sensibilidad establecido en el estudio de factibilidad del proyecto El Domo - Curipamba, mediante el uso de variables independientes empleando la simulación en el programa @RISK, desarrollado por Palisade Corporation para la evaluación y gestión de riesgos en proyectos mineros. Palisade (2020), indica que este software, integrado con Microsoft Excel, permite modelar y predecir resultados en situaciones de incertidumbre utilizando el método de Monte Carlo, lo que nos permitirá la toma de decisiones y el desarrollo de estrategias.

### **1.1 Descripción del Problema**

Los proyectos mineros están expuestos a una variedad de riesgos, como fluctuaciones en los precios de los minerales, cambios en los costos de operación, incertidumbres técnicas, política de Estado e inversionistas y desafíos socio ambientales. El análisis de sensibilidad permite identificar qué variables tienen un mayor impacto en el VAN y la TIR de los proyectos, afectando a su vez la rentabilidad. Al realizar un análisis de sensibilidad, los inversores y la empresa minera pueden obtener información acertada sobre qué variables independientes son más críticas para las variables dependientes económicas, lo que permite tomar decisiones informadas y realizar la planificación de estrategias ante posibles escenarios de riesgo, según sea el caso.

### **1.2 Justificación del Problema**

El análisis de sensibilidad económica de un proyecto minero es fundamental, ya sea previo a su ejecución o en su ampliación, ya que permite identificar las variables independientes que pueden tener un impacto negativo al momento del desarrollo del proyecto minero. Por ello, es importante conocer las variables independientes relevantes como el precio de los metales, la tasa

de descuento, el flujo de caja de ingresos, la inflación en términos y condiciones para la comercialización, el no pago de las regalías, la caducidad por declaración de daño ambiental, los derechos de servidumbre, la influencia y tendencia política, la expropiación de activos, los sistemas legales o regulatorios, los volúmenes de producción y crisis de precios, especulación entre otras. Para el presente proyecto se realizará un análisis de sensibilidad en las variables dependientes que son el VAN y TIR.

El objetivo de este trabajo es evaluar la viabilidad y sostenibilidad del proyecto El Domo-Curipamba mediante el análisis de los estudios de sensibilidad existentes, adición de variables independientes, entre otras consideraciones. Para este propósito se usarán herramientas como el software @risk y la simulación de Monte Carlo para determinar las variables claves y mejorar la toma de decisiones para la empresa Curimining S.A.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Evaluar la rentabilidad y viabilidad del Proyecto Minero El Domo – Curipamba, aplicando un análisis probabilístico con el software @risk para la toma de decisiones en la empresa minera CURIMINING S.A.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

1. Identificar los parámetros económicos variables dependientes y variables independientes que intervienen en el Proyecto El Domo – Curipamba, mediante la revisión de informes técnicos y el flujo de caja anual para 10 años de vida útil del proyecto.
2. Categorizar los riesgos que influyen en el proyecto minero con base en la Norma ISO 31010, utilizando un método Probabilístico.
3. Analizar la sensibilidad del proyecto minero para distintos escenarios considerando las variables independientes y dependientes, empleando el Software @risk.

4. Evaluar la viabilidad económica para el desarrollo del proyecto minero El Domo – Curipamba, con base en los resultados de riesgos y el análisis de sensibilidad aplicado al proyecto.

## **1.4 Marco teórico**

### **1.4.1 Antecedentes de estudios de viabilidad de proyectos mineros de Ecuador**

En Ecuador, actualmente existen tres proyectos de los cuales dos son de mediana minería y uno de gran minería, y todos estos serán explotados de manera subterránea. En cada proyecto se ha realizado su análisis de sensibilidad económica para pasar de la fase de exploración a la explotación mediante el informe de estudios de factibilidad. Estos proyectos son los siguientes:

- 1) El proyecto minero La Plata de mediana minería, que ha realizado su informe de factibilidad bajo los estándares NI 43-101. Leroux et al. (2019), considera aspectos geológicos, operativos y económicos, operaciones mineras, procesamiento de minerales y costos junto con el uso de tecnologías como el Relleno de roca cementada (CRF) y medidas para mitigar impactos ambientales. Además, dispone del análisis económico detallado que evalúa la viabilidad financiera y la sensibilidad del proyecto proporcionando una comprensión basada en los riesgos y oportunidades.
- 2) El segundo proyecto minero es Loma Larga de gran minería de la empresa Dundee Precious Metals. El informe del proyecto bajo los estándares NI 43-101 ofrece un análisis de sus aspectos técnicos, sociales y económicos. Frost et al. (2021), aborda temas como la gestión comunitaria, los permisos requeridos, los resultados de perforación y los métodos de recuperación de minerales. La evaluación de factibilidad detallada de los recursos minerales estimados, junto con análisis de sensibilidad para comprender mejor los riesgos y oportunidades del proyecto.

3) Finalmente, el proyecto minero El Domo – Curipamba de mediana minería, objeto de la investigación, con minerales de interés de oro, plata, cobre y zinc de la empresa Curimining S.A.; se considera como referencia los informes técnicos que se realizaron en el 2014, 2019 y 2021, donde se realizaron los estudios de viabilidad considerando las etapas del perfil de proyecto, la evaluación de prefactibilidad y el estudio definitivo de factibilidad bajo los estándares NI 43-101, se dispone del análisis de sensibilidad considerando solo la variable independiente del precio de los metales.

A nivel internacional se encontró dos tesis de pregrado referente a proyectos mineros relacionados al tema de análisis de sensibilidad.

La tesis de la Universidad de Chile titulada “Evaluación Económica del Proyecto Minero San Antonio Óxidos”, realizada por Rivera Acuña (2011), presenta un análisis de sensibilidad para el VAN del proyecto considerando tres variables que son la ley promedio del Cu, la recuperación promedio de Cu y el precio del Cu, además dentro del proyecto se evalúa la operación propia y mantención a terceros. El análisis de sensibilidad económica se realizó para la alternativa de operación propia y mantención a terceros.

Otra tesis de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), con el título “Evaluación de la Factibilidad Económica - Financiera del Proyecto Aurífero Minero Las Alexas ubicado en el distrito de Rio Grande, provincia de Condesuyos, región Arequipa”, realizada por Verastegui León (2016), considera el análisis de sensibilidad del proyecto, contemplando las variables como la cotización del oro, precio de insumos y modificación del impuesto a la renta.

En el Ecuador, la tesis de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, titulada “Impacto económico del proyecto Minero a gran escala Mirador en Ecuador” realizada por Gordillo Jarrín (2014), destaca que, las variables consideradas para el análisis económico del proyecto fueron los precios del cobre, costos operativos, la demanda de concentrado del cobre,



entre otros factores económicos relevantes, como costes de transporte, la competencia de las empresas, costo de mano de obra y cambios en la tributación y no contempla el análisis de sensibilidad. En los trabajos de tesis mencionados no consideran la simulación del análisis de sensibilidad en el Software @Risk.

#### **1.4.2 Niveles de evaluación de proyecto**

La evaluación de un proyecto minero implica identificar, valorar y comparar los costos y beneficios asociados a diferentes alternativas del proyecto para decidir cuál es la más conveniente. Gallo Molina (2021), determina la viabilidad económica de un proyecto al calcular los ingresos y rentabilidad esperados a lo largo del tiempo de su vida útil. Para un proyecto minero implica evaluar si la inversión que se realiza en un determinado proyecto de interés nos pueda generar una pérdida, ganancia o rentabilidad, y la decisión de que si es o no favorable económicamente invertir en el proyecto.

La evaluación de factibilidad de un proyecto minero tiene que pasar por 3 niveles o etapas: (1) Perfil de proyecto, (2) prefactibilidad, y (3) factibilidad o proyecto definitivo (Meza, 2013), para lo cual, de acuerdo con la Ley de Minería de Ecuador, se dispone de 4 años.

- a) **Perfil del proyecto.** – Es la estimación preliminar del proyecto minero, donde se conoce un valor referente sobre la inversión inicial, los costos y los beneficios que se llegan a obtener. En resumen, en esta etapa, no se profundiza a detalle sobre el proyecto, aquí se presenta la información sobre el estudio del mercado, tamaño, dónde se ubica el proyecto, tecnologías a usar, inversiones requeridas (o una estimación de estas) y el marco legal. Al finalizar el estudio del perfil del proyecto, se debe evaluar si conviene o no continuar el estudio de prefactibilidad.
- b) **Prefactibilidad o anteproyecto.** – En este nivel de evaluación del proyecto, se detalla a mayor profundidad los costos que va a tener el proyecto, y el margen de utilidad que se contrasta o con los valores de los costos y gastos de operación del

proyecto, de tal manera tener mayor precisión de la rentabilidad que puede generar el proyecto, y el margen de ganancias que se obtenga de la inversión inicial y si es viable pasar a la etapa de factibilidad o proyecto definitivo.

- c) **Factibilidad o proyecto definitivo.** – En el estudio de factibilidad se presenta una investigación más detallada, las estrategias que se van a implementar para garantizar que el proyecto se puede materializar sin problemas, aquí se determina de forma certera la viabilidad de este considerando su CAPEX y OPEX de manera detallada.

El proyecto El Domo – Curipamba ha pasado por estas 3 etapas, siendo viable para la construcción, explotación y beneficio de minerales.

### **1.4.3 Etapas financieras de un proyecto minero**

#### **a) Evaluación Preliminar**

Se realiza la evaluación preliminar del proyecto minero, obteniendo la información de los recursos probados del yacimiento, mediante la evaluación económica preliminar. Se realiza una exploración general, se trabaja con información disponible del yacimiento, las reservas disponibles, leyes de mineral. Herrera Herbert (2022), señala que se caracteriza por tener cual es la inversión inicial requerida para su desarrollo y los costos del proyecto, al final se determina si el proyecto es viable o no. Esta etapa puede demorar de 8 a 12 meses para su implementación, en función del tamaño y dificultades del proyecto.

#### **b) Estudios técnicos económicos intermedios**

En esta etapa se evalúan los recursos, se tiene una información más detallada del yacimiento mineral, se realiza el estudio técnico-económico del proyecto, así

mismo un análisis económico de las etapas que posee el proyecto minero, aquí se comprueba la evaluación preliminar, los recursos que se obtendrán, métodos de explotación considerando las diferentes operaciones a realizar, el mercado y la variación de precios de los minerales. Herrera Herbert (2022) indica que, esta etapa tiene una duración estimada de 12 a 24 meses, dependiendo de los resultados que se obtenga, se decide si es rentable se continua con el estudio de factibilidad y si es desfavorable se abandona el proyecto.

#### **c) Estudio de factibilidad**

Es la etapa final para determinar si el proyecto puede ser o no, económicamente viable. En esta etapa, Herrera Herbert (2022) expone que, se tiene completo el detalle de la construcción del proyecto minero, se dispone de la información de la vida útil, cómo se llevará a cabo la producción, el método de explotación que se aplicará, el detalle sobre los costos económicos y financieros, proceso de producción, tratamientos de los minerales de interés y cierre de mina. Además, se define el marco técnico, económico y organizativo de la etapa de construcción que dura entre 1 a 3 años considerando la ingeniería a detalle.

#### **1.4.4 Riesgos en proyectos mineros ISO 31000 e ISO 31010**

De acuerdo con Ayala Lomas (2015), en el trabajo titulado “Gestión de riesgo e incertidumbre para pasar de la fase de exploración avanzada a la fase de explotación del proyecto a gran escala”, se define un nivel de riesgo muy alto para las variables independientes bajo la norma ISO 31010. Esta metodología utiliza el Análisis del Riesgo de Probabilidad - Consecuencia para considerar las incertidumbres y diferentes tipos de riesgos. A continuación, se detallan los diferentes tipos de riesgos que pueden presentarse en la evaluación de los proyectos mineros:

- a) **Riesgos directos controlables.**- Aquellos que se presentan con la incertidumbre del yacimiento relacionado con el modelamiento geológico; características geomecánicas del yacimiento, que influyen en el proyecto; la ubicación de las zonas mineralizadas, la profundidad donde se encuentra el yacimiento, en la incertidumbre durante la construcción y operación minera y metalurgia; la variabilidad del contenido mineral (leyes), incertidumbre legal y tributaria que pueden afectar en la negociación y firma del contrato de explotación.
- b) **Riesgos semi - controlables.** - Son los que están directamente relacionados con la incertidumbre socio ambiental que se los puede controlar parcialmente, son los que no se han tomado en cuenta sobre la gestión de responsabilidad social cuando no han sido definidos o han sido mal definidos inicialmente antes de la firma del contrato de explotación.
- c) **Riesgos difusos o incontrolables.** - Basados en la incertidumbre del contexto exterior considerando la política del país (Riesgo País) y de los inversionistas que ya no quieran invertir por las condiciones políticas en el proyecto minero.
- d) **Riesgos globales económicos.** - Están relacionados con la incertidumbre económica financiera del mercado de los metales, esto afecta directamente y es el más difícil de gestionar porque no se sabe el comportamiento variable del precio de los metales.

#### 1.4.5 Tipos de modelos financieros

Un modelo financiero, según ILPIIE (2023), es una representación matemática de un sistema financiero que se utiliza para proyectar el desempeño financiero futuro de una empresa, proyecto o inversión minera. Estos modelos suelen incluir proyecciones de estados financieros, análisis de sensibilidad y escenarios hipotéticos para ayudar en la toma de decisiones financieras.

El modelo financiero estocástico de acuerdo con ILPIIE (2023), es un enfoque de incertidumbre que incorpora la aleatoriedad y la incertidumbre en las proyecciones financieras, teniendo en cuenta múltiples resultados posibles en lugar de un solo escenario determinista. Estos modelos utilizan variables aleatorias para simular diferentes resultados financieros y evaluar el impacto de la variabilidad en las decisiones financieras. Son especialmente útiles para gestionar riesgos, valorar opciones financieras y mejorar la toma de decisiones en entornos financieros complejos y volátiles.

El modelo estocástico, aparte de considerar los modelos determinísticos, también se toman en cuenta variables independientes, que no se pueden predecir sus resultados a futuro. En el modelo se considera un error, el cual viene representado por un más o menos nivel de confianza se recomienda trabajar con el 95%.

El modelo estocástico es una representación de un sistema que incorpora la incertidumbre que se tiene sobre el valor exacto de cada parámetro y elemento del sistema teniendo dos finalidades:

- a) Representar sistemas cuyo comportamiento no es totalmente predecible
- b) Simplificar la representación de sistemas deterministas cuando hay demasiadas relaciones causa-efecto; y la simplificación de esas relaciones no impide obtener salidas que representen las variables de interés del sistema.

#### **1.4.6 Análisis de Sensibilidad mediante el software @risk**

El Análisis de sensibilidad sirve para estudiar los cambios de las variables sobre un proyecto minero, en donde se evalúan la forma en que pueden afectar su viabilidad.

Existen diversas herramientas que permiten realizar este análisis con base en las variables independientes (entrada) y variables dependientes (salida) que se consideran para dicho análisis, en este estudio se empleó el software @risk. Para el análisis se usa la simulación de Monte Carlo que permite visualizar los escenarios posibles y es una metodología establecida en la ISO 31010.

Para la construcción del modelo probabilístico con el software @risk se debe definir el modelo económico, donde se asocia las funciones de distribución a las variables de entrada, esto se realizará a través del software @risk aplicando 10000 interacciones de simulación como recomienda el fabricante.

Se efectúa la verificación de las variables independientes y dependientes, donde se asegura que tanto las variables de entrada y salida se encuentren definidas correctamente previo a la simulación. También, se debe corregir los posibles errores que se puedan presentar en la modelación de las variables para la simulación.

Luego de finalizar la simulación, se presentan los resultados del análisis de sensibilidad de cómo las variables independientes afectan a las variables dependientes VAN y TIR del proyecto El Domo - Curipamba.

#### **1.4.7 Variables Independientes**

Las variables independientes son las que poseen un valor designado, el cual no depende de algún otro parámetro o condición en cuestión. Estas variables independientes (entrada) pueden tener un impacto, mayor o menor, dependiendo de la relación que tengan con las variables dependientes (salida).

Las variables Independientes más relevantes para el análisis del proyecto El Domo - Curipamba son: Precio de los metales, tasa de descuento, flujo de caja de ingresos, inflación, términos y condiciones para la comercialización, no pago de las regalías, caducidad por declaración de daño ambiental, derechos de servidumbre, influencia y tendencia política, expropiación de activos, sistemas legales o regulatorios, volúmenes de producción, crisis precios, y especulación.

#### **1.4.8 Variables dependientes**

Las variables dependientes son aquellas cuyo valor se ve influenciado por otras variables independientes. Dentro del estudio de análisis de sensibilidad las variables dependientes pueden

ser afectadas por el precio de venta, la demanda del mercado, entre otras mencionadas. Es importante analizar cuáles son las variables independientes que pueden generar un cambio desfavorable en las variables dependientes del VAN y TIR.

Las variables dependientes (salida) más relevantes para el análisis en el presente proyecto son: Valor actual neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

#### **1.4.9 Método de Monte Carlo**

Las simulaciones de Monte Carlo es una técnica matemática que predice los posibles resultados de un evento incierto. Los programas informáticos utilizan este método para analizar datos pasados y predecir una serie de resultados futuros en función de una elección de acción.

La simulación de Monte Carlo se aplica a todos los sistemas, pero en especial a los proyectos mineros donde:

- a) Un conjunto de entradas interactúa para definir un resultado.
- b) La relación entre insumos y resultados puede expresarse como un conjunto de dependencias.
- c) Las técnicas analíticas no son capaces de proporcionar resultados relevantes o cuando existe incertidumbre en los datos de entrada.

La simulación Monte Carlo se puede utilizar en el contexto de la evaluación de riesgos con dos propósitos distintos:

- a) Proyección de la incertidumbre sobre modelos analíticos convencionales.
- b) Cálculos probabilísticos cuando las técnicas de análisis no se aplican o no son realizable.

Las aplicaciones incluyen, entre otras, el modelado y la evaluación de la incertidumbre en los pronósticos financieros, los resultados de las inversiones, los costos del proyecto El Domo - Curipamba.

#### **1.4.10 Marco legal aplicable al desarrollo de los proyectos mineros en Ecuador**

El Reglamento de Calificación de Recursos y Reservas Mineras, el cual se emitió por la Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM) en Ecuador, establecen los requisitos y procedimientos para evaluaciones y certificaciones de los recursos y reservas mineras del país. El objetivo de dicho reglamento es garantizar la exactitud y confiabilidad en la estimación de los recursos y reservas mineras en el país, lo que representa un punto fundamental para la toma de decisiones en la industria minera. A continuación, se presenta los artículos considerados para el marco legal del presente proyecto de titulación:

- Registro Oficial Suplemento 714 de 17-mar.-2016 Reglamento de Calificación de Recursos y Reservas, según ARCOM (2016):
  - o Art. 12.- Contenido del Informe Técnico para el Paso de la etapa de exploración a explotación.- El informe debe contener los siguientes ítems: Ítem 1: Resumen Ítem 2: Introducción Ítem 3: Datos del Titular Minero Ítem 4: Apoyo de otros expertos Ítem 5: Ubicación y descripción de la concesión minera Ítem 6: Accesibilidad, clima, recursos locales, infraestructura y fisiografía Ítem 7: Historia Ítem 8: Descripción Geológica y Mineralización Ítem 9: Tipo de Depósito Ítem 10: Exploración Ítem 11: Perforación Ítem 12: Preparación de muestras, análisis y seguridad Ítem 13: Verificación de Datos Ítem 14: Procesamiento de Minerales y Pruebas Metalúrgicas Ítem 15: Estimación de recurso mineros Ítem 16: Declaración de reservas mineras Ítem 17: Métodos y sistemas de explotación minera Ítem 18: Métodos de recuperación Ítem 19: Infraestructura del proyecto Ítem 20: Estudio de mercado y contratos Ítem 21: Estudios Ambientales, permisos e impactos sociales comunitarios Ítem 22: Costo de Operación, Costos Capital Ítem 23: Análisis Económico Ítem 24: Concesiones y propiedades adyacentes Ítem 25: Datos e información adicional Ítem 26:



Interpretaciones Ítem 27: Conclusiones Ítem 28: Recomendaciones e Ítem 29:  
Referencias.....

- Ítem 22: Costos de Operación y Costos Capital. En estos casos debe contener: a)  
Un resumen de las estimaciones de inversión y costos de operación minera, con los principales componentes detallados en una tabla. Explicar y justificar la base de las estimaciones de estos costos.
- Ítem 23: Análisis Económico. En esta sección se debe proporcionar un análisis económico para el proyecto que incluye:
  - a) Un detalle de las principales hipótesis y su justificación.
  - b) Las proyecciones de los flujos anuales efectivos sobre la base de las producciones derivadas de las reservas mineras y/o de los recursos minerales con el calendario de producción anual durante la vida del proyecto.
  - c) Una explicación del valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR), y el periodo de amortización del capital con interés imputado o real.
  - d) Un resumen de los impuestos, derechos y otros gravámenes establecidos en la legislación vigente, aplicados al proyecto minero y a los ingresos o rentas procedentes del mismo.
  - e) El análisis de sensibilidad, utilizando variantes de los costos operacionales de inversión, u otros parámetros significativos, según proceda analizando el impacto de los resultados.

## Capítulo 2

## **2. Metodología.**

### **2.1 Diseño de la investigación**

El proyecto se dividió en tres etapas:

En la Etapa I se llevó a cabo la recolección de información bibliográfica sobre el análisis de sensibilidad económica de proyectos mineros de Au, Ag, Cu y Zn, así como del proyecto El Domo – Curipamba. Se elaboró la planificación de actividades en el cronograma de trabajo para la visita de campo que se encuentra como [Apéndice A](#).

La Etapa II consistió en la interpretación de los datos de las variables independientes utilizadas para el análisis de sensibilidad, tomando como base los informes de perfil del proyecto del 2014 y de prefactibilidad del 2019 y validación de las variables. Se realizó la visita de campo al proyecto El Domo - Curipamaba para verificar las variables independientes finales, que serán los parámetros de entrada para el análisis de sensibilidad en el modelo financiero, basado en el estudio de factibilidad del 2021. Este análisis tuvo en consideración el CAPEX, OPEX, así como las dos variables dependientes o de salida que son el VAN y TIR.

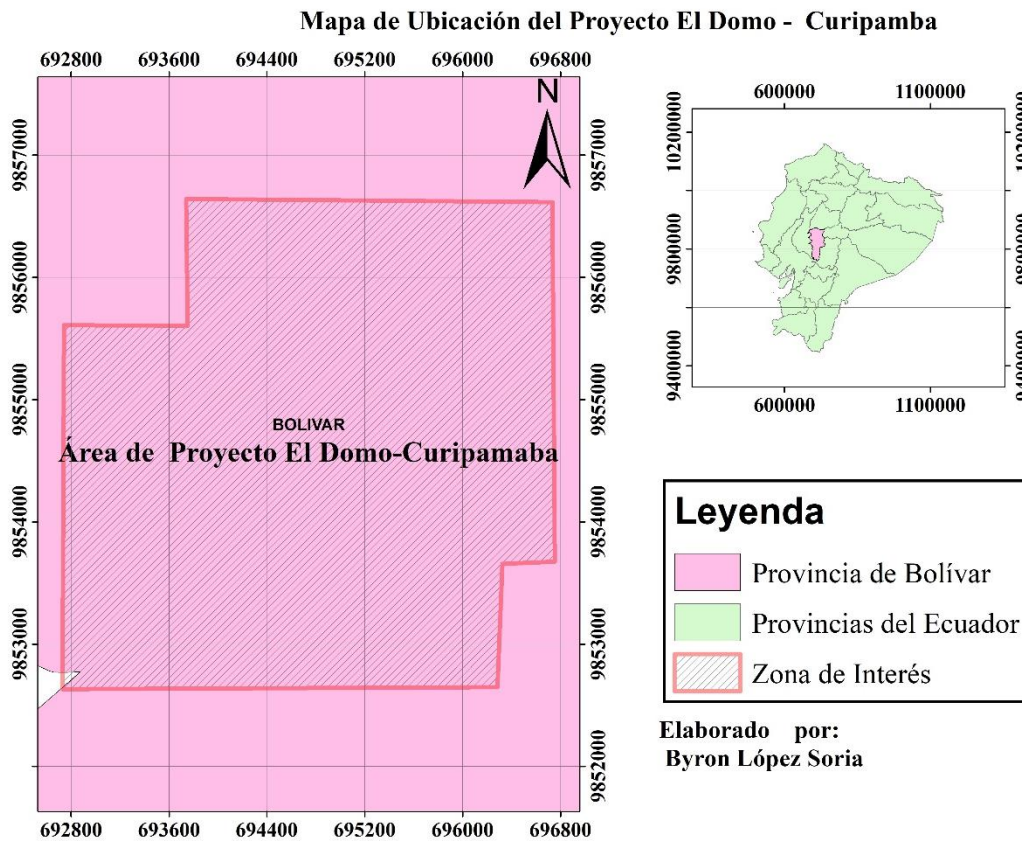
La etapa III corresponde al análisis de los resultados obtenidos en la simulación utilizando el software @risk para el análisis de sensibilidad mediante el modelo estocástico con el método de Monte Carlo. Luego, se interpretó el análisis de los resultados numéricos y gráficos generados por las variables independientes que afectan negativamente a las variables dependientes del VAN y TIR, con un nivel de confianza del 95%.

### **2.2 Ubicación del área de estudio**

El proyecto El Domo - Curipamba se sitúa en el cantón Las Naves de la provincia de Bolívar, Ecuador, aproximadamente a 40 Km al sureste de la ciudad de Cuenca o 250 Km. al suroeste de Quito y a 2,5 horas de Guayaquil. En la [Figura 2.1](#), se muestra un mapa de la ubicación del proyecto.

**Figura 2.1.**

*Ubicación del Proyecto El Domo - Curipamaba*



## 2.3 Etapas de flujograma de estudio

### 2.3.1 Etapa I

Durante la etapa I de la presente investigación, se realizó la revisión bibliográfica de los tres informes correspondientes al proyecto El Domo - Curipamaba, donde se detalla el análisis de sensibilidad económica, del 2014, 2019 y 2021, que se encuentran bajo la norma internacional NI 43-101.

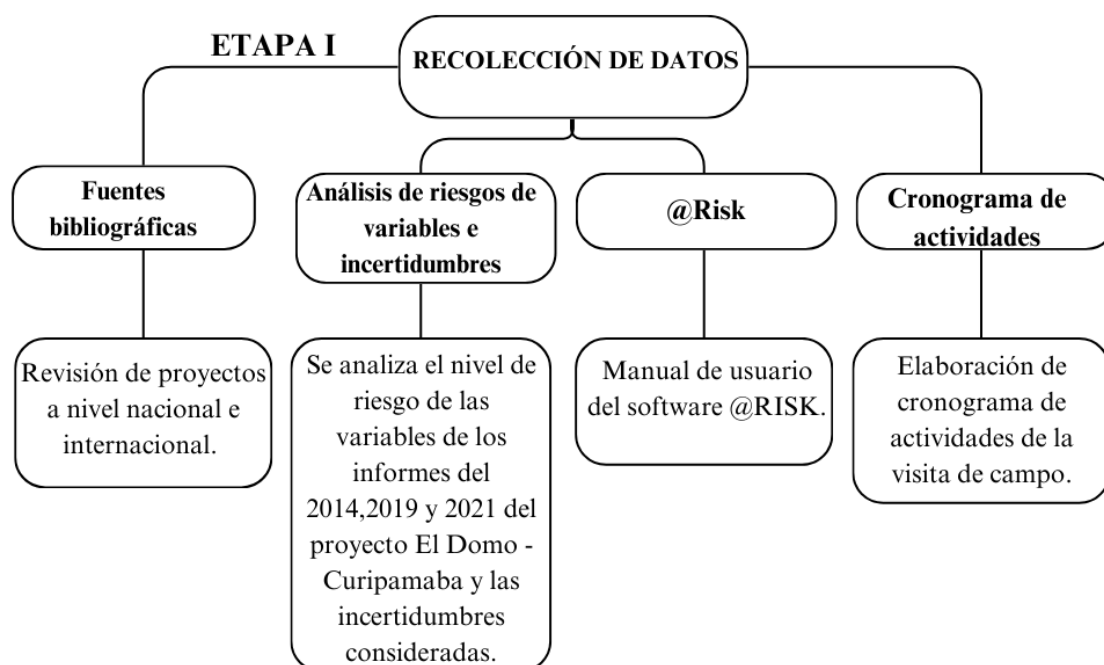
Se identificó las variables independientes utilizadas en cada informe del Proyecto el Domo - Curipamaba descritas en el marco teórico del capítulo 1, considerando el nivel de riesgos muy alto que presentan las variables independientes. Además, se obtuvo las estadísticas acumuladas del precio de los metales Au, Ag, Cu, Pb y Zn de Kitco (2024) y Datosmacro (2017)

que se utilizaron en la simulación del análisis de sensibilidad en el presente proyecto integrador.

En la [Figura 2.2](#) se presenta el detalle sobre la Etapa I de la metodología.

**Figura 2.2.**

*Flujograma de desarrollo de la Etapa I*



Para la presente investigación, se analizó la información proporcionada por Curimining S.A., el estudio de factibilidad del 2021 considerando el CAPEX y OPEX dentro del flujo de caja, para determinar las variables independientes que se utilizó para el análisis de sensibilidad y las incertidumbres de riesgo muy alto como se puede observar en la [Tabla 2.1](#), donde se presentan las variables independientes o, de entrada, que se consideró, especificándose el tipo de categoría de riesgo detallado y el nivel de riesgo Muy Alto para la simulación en el software @risk.

**Tabla 2.1**

*Tabla de riesgos de variables independientes del proyecto El Domo – Curipamba.*

<b>Variable Independiente</b>	<b>Categoría de riesgo</b>	<b>Código</b>	<b>Nivel de Riesgo</b> <b>Muy Alto</b>
Precio de los metales	Globales económicos	RGEP-00	I
Tasa de descuento	Directos y controlables	RCT-13	I
Flujo de caja de ingresos	Directos y controlables	RCFE-04	I
Inflación	Directos y controlables	RGEP-00	I
Términos y condiciones de comercialización	Directos y controlables	RCCE-12	I
No pago de regalías	Directos y controlables	RDCT-01	I
Caducidad por declaración de daño ambiental	Controlables definidos	RCL-12	I
Derechos de servidumbre	Mal definidos	RMDS-07	I
Influencia política	Difusos e incontrolables	RDIP-03	I
Expropiación de activos	Difusos e incontrolables	RDIP-05	I
Sistemas legales regulatorios	Difusos e incontrolables	RDII-01	I
Volúmenes de producción	Globales económicos	RGEP-01	I
Crisis de precios	Globales económicos	RGEP-02	I
Especulación	Globales económicos	RGEP-06	I

*Nota.* Datos de la clasificación del nivel de riesgos de las incertidumbres tomados de Ayala Lomas (2015).

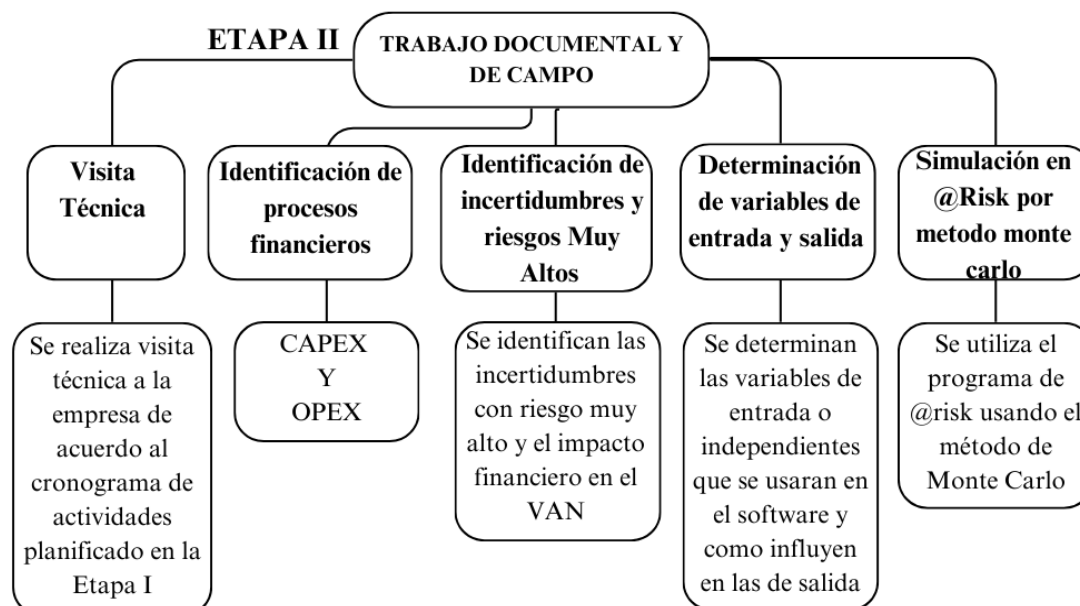
### 2.3.2 Etapa II

En la etapa II, consideramos el estudio de factibilidad del 2021 para estructurar el modelo financiero estocástico. Este modelo, incluyó las variables independientes de entrada y las variables dependientes de salida, que son el VAN y TIR.

Con la información obtenida en la visita de campo, se verificó la información que servirá de base para el análisis de sensibilidad manipulando del software @risk. Este análisis se ejecutó mediante la simulación del Método de Monte Carlo, considerando el modelo financiero del proyecto El Domo – Curipamaba del 2021. En la [Figura 2.3](#) se tiene el detalle de la Etapa II de la metodología del proyecto.

**Figura 2.3.**

*Flujograma de Etapa II*



En la [Tabla 2.2](#), se presenta la información correspondiente al OPEX del informe del 2021 del proyecto El Domo – Curipamaba, donde se detallan los costos operativos. En la [Tabla 2.3](#), se detalla la información correspondiente al CAPEX del 2021 en el informe del proyecto El

Domo – Curipamaba, abarcando desde la inversión de capital inicial hasta la etapa de cierre del proyecto, y considerando el valor total de la vida útil de la mina, que es de 10 años.

En la [Tabla 2.4](#), se detalla la información de las consecuencias económicas, incluyendo sus valores mínimos y máximos del VAN que se presentaron en las variables independientes, de acuerdo con la norma ISO 31010 y utilizando el método de probabilidad por consecuencia. En la [figura 2.4](#) se exhibe el procedimiento del uso del software @risk en la simulación del análisis de sensibilidad del proyecto El Domo - Curipamba.

**Tabla 2.2**

*Tabla de OPEX del informe del 2021 del proyecto El Domo - Curipamaba*

<b>Descripción por área</b>	<b>Promedio anual de costos (USD)</b>	<b>Costo total LOM (USD)</b>	<b>Costo / Ton movida (USD/Ton)</b>	<b>Costo / Ton mineral procesado (USD/Ton)</b>	<b>Costo Cu equivalente (USD/lb Cu Eq)</b>
Minería	16	157	3.35	24.53	0.34
Proceso	15	150		22.74	0.32
Planta de proceso	13	125		19.08	0.27
Tratamiento de aguas	2	24		3.66	0.05
Gastos generales y Administrativos	6	56		8.95	0.12
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>364</b>	<b>3.35</b>	<b>56.21</b>	<b>0.77</b>

*Nota.* Datos del OPEX del proyecto El Domo – Curipamaba, tomados del informe de factibilidad realizado por Bisailon et al. (2021).



**Tabla 2.3**

*Tabla del CAPEX del informe del 2021 del proyecto El Domo - Curipamba*

<b>Descripción</b>	<b>Pre-capital</b>	<b>Capital Inicial</b>	<b>Nutritivo</b>	<b>Cierre</b>	<b>Inversión total (LOM)</b>	<b>Moneda</b>
Directo						
Programa de Obras temprana pre-construcción	22				22	USD
Minería-cielo abierto		52			52	USD
Planta procesadora		67	6	15	88	USD
Sitio minero-infraestructura		2			2	USD
Relaves/ roca estéril		34	12	9	55	USD
infraestructura de superficie- edificios		12	8	2	22	USD
Subtotal de costos directos	22	167	26	26	241	USD
Indirecto						
USD						
Construcción indirecta		18			18	USD
Transporte y logística. equipos de planta		7			7	USD
Costos de propietario. EPCM. Impuestos		10			10	USD
Contingencia del proyecto		22	3	8	33	USD
IVA reembolsable sobre el capital inicial		25			25	USD
Valor del rescate				10	10	USD
Subtotal de costos indirectos	0	82	3	-2	83	USD
Total	22	249	29	24	324	USD

*Nota.* Datos del CAPEX del proyecto El Domo – Curipamaba, tomados del informe de factibilidad realizado por Bisailon et al. (2021).

**Tabla 2.4**

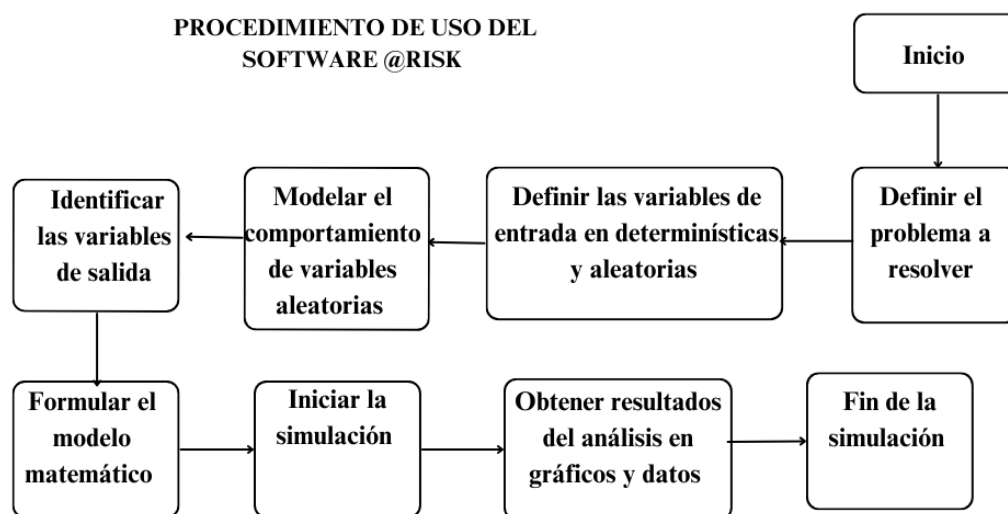
*Tabla de incertidumbres (variables independientes) de los riesgos muy altos que afectan al VAN*

<b>Categoría del riesgo</b>	<b>Código</b>	<b>Incertidumbre</b>	<b>Valor Mínimo USD millones</b>	<b>Valor Máximo USD millones</b>
Riesgos directos	RCCE-12	Términos y condiciones para la comercialización	3	29
controlables	RDCT-01	Regalías	30	299
	RCL-12	Art. 86 y Art. 115.- Caducidad por Daño Ambiental	3	99
Riesgos semi-controlables	RDMS-07	Derechos de Servidumbre	30	299
Riesgos difusos e	RDIP-03	Influencia y tendencia política	30	299
incontrolables	RDIP-05	Sistemas legales o regulatorios	30	299
	RDII-01	Expropiación de activos (con compensación o sin ella)	300	>300
Riesgos globales	RGEP-01	Volúmenes de producción	300	>300
económicos	RGEP-02	Crisis de precios	30	299
	RGEP-06	Especulación	30	299

*Nota.* Los valores de mínimo y máximo de variación de VAN fueron tomados de Ayala Lomas (2015).

Figura 2.4.

Flujograma de proceso de uso del software @risk para el análisis de sensibilidad



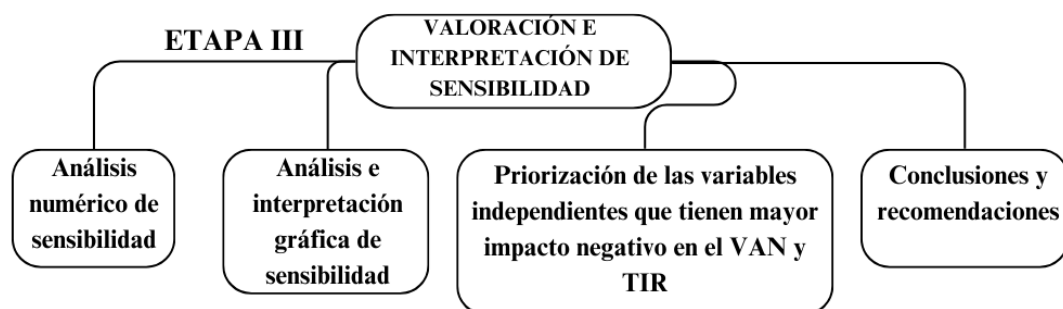
Según lo que indica Gómez Salazar et al. (2015), primero se definió las variables de entrada, que son aquellas que poseen valores fijos (determinísticas) y las que tienen un comportamiento probabilístico (aleatorias) para el modelo. A continuación, se modeló el comportamiento de las variables aleatorias mediante la asignación de una función de distribución de probabilidad adecuada.

Las variables independientes o de salida del modelo analizado, que corresponden al VAN y TIR, se definieron utilizando la simulación usando el método de Monte Carlo. Se realiza la simulación para un total de 10000 iteraciones.

### 2.3.3 Etapa III

Durante la etapa III, después de efectuar la simulación, se interpretó los resultados de las gráficas y datos obtenidos del software @risk. Esto permitió determinar el análisis de sensibilidad en el modelo financiero del VAN y TIR evaluando su impacto negativo de las variables de entrada. Finalmente, se establecen las conclusiones y recomendaciones. El detalle de la Etapa III se presenta en la [Figura 2.5](#).

Figura 2.5.

*Flujograma de Etapa III*

## Capítulo 3

### 3. Resultados y análisis

Se consideró como variable independiente (entrada) los precios de metales de Au, Ag, Cu utilizando la estadística de los últimos 10 años y para el Zn de 3 años en la página de Kitco (2024), y los valores estadísticos del 2014-2024 de Pb, en la página Datosmacro (2017).

Para las variables independientes asociadas a los precios de los metales, se utilizó la distribución de probabilidad Triangular para el Au, Ag, Cu y Pb, la cual consistió en valores de mínimo, más probable y máximo.

Para el Zn, por disponer solo 3 años de datos estadísticos, desde el año 2022 hasta el 2024, se usó la distribución de probabilidad tipo Pert, que trabajó con un valor pesimista, optimista y el valor más probable se representa por la moda. Las estadísticas de los precios de los metales se encuentran en el [Apéndice B](#).

Las variables de riesgos e incertidumbres que afectan al VAN son la crisis de precios, especulación, términos y condiciones de comercialización, derechos de servidumbre, volúmenes de producción, influencia política, sistemas legales regulatorios, regalías y caducidad por daño ambiental, se las modeló mediante la distribución Uniforme, donde se consideró el límite inferior y superior, esta distribución tiene la misma probabilidad de ocurrir en todas las posibilidades dentro del rango de los límites definidos. Se observó que las variables presentaron valores económicos iguales, por lo que se agrupó en 3 rangos económicos bajo, medio y alto, lo que se detalla en el [Apéndice C](#).

Para los valores de CAPEX y OPEX, se empleó una variación de  $\pm 10\%$  del valor establecido respectivamente en el flujo de caja del 2021 del estudio de factibilidad. Se aplicó la distribución de probabilidad Pert que consideró el valor optimista (+10%), pesimista (-10%) y el valor más probable establecidos en el flujo de caja, definidos en el [Apéndice D](#).

El análisis de las variables dependientes, que son el VAN y TIR, se analizó utilizando el flujo de caja económico del proyecto, donde se evaluó un antes y después de impuestos. Se construyó el flujo de caja tomando como variables de entrada las variables independientes y como variables de salida el VAN y TIR, para la simulación en @risk, donde se empleó el método de Montecarlo. Se consideró una confianza del 95 % de los datos con 10000 interacciones de probabilidades. Se presenta el flujo de caja utilizado en el [Apéndice E](#).

Como resultados de la simulación se obtuvieron 3 gráficos: 1) Densidad de probabilidad Histograma que identifica el rango más probable de resultados y la probabilidad de llegar a valores propuestos; 2) Un gráfico de Tornado, donde se analiza el impacto de los parámetros de entrada en las variables de salida del proyecto; y 3) Un gráfico de Araña que determina las variables que causan mayor cambio en los resultados al moverse de un extremo a otro dentro del rango considerado.

### **3.1 Análisis de datos de las variables independientes (entrada)**

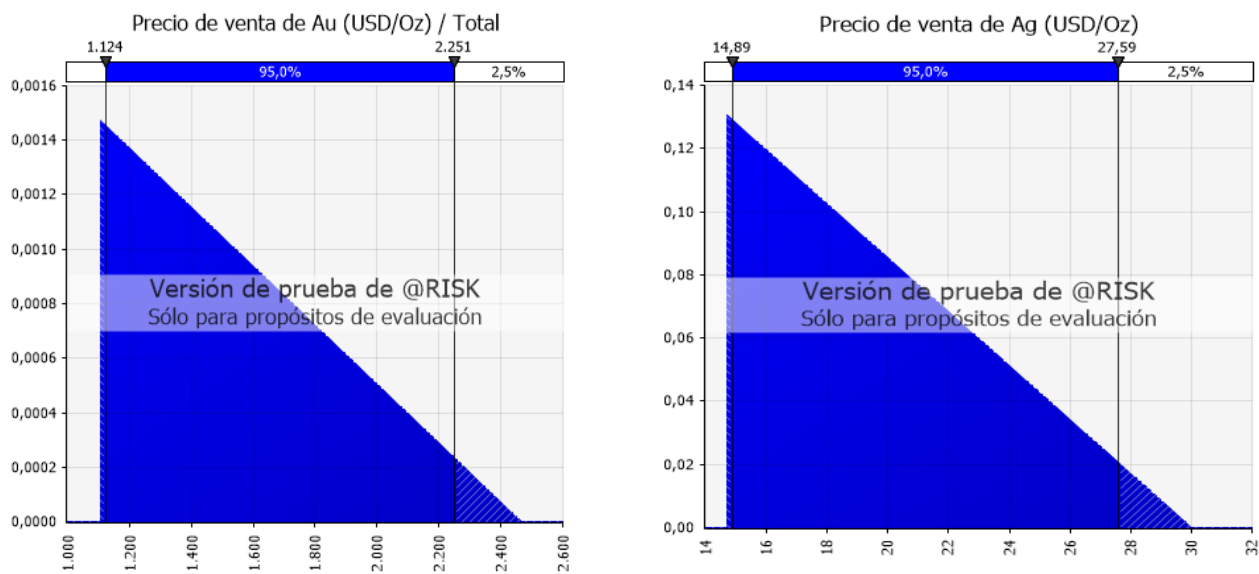
#### **3.1.1 Análisis distribución de probabilidad Triangular para el Au, Ag, Cu y Pb**

Se utilizó la distribución Triangular en la simulación con @risk obteniendo el gráfico correspondiente a la distribución del precio de venta del Au, Ag, Cu y Pb, en la Figura 3.1 y Figura 3.2.

En los gráficos del precio de venta del Au, Ag, Cu y Pb, el eje (x) es representado los posibles valores del precio que pueden tomar los minerales, el eje (y) simbolizó la densidad de probabilidad, el pico del gráfico representa la moda que es el valor esperado y el rango entre el valor mínimo y máximo, indica la volatilidad del mercado del precio de los minerales mencionados.

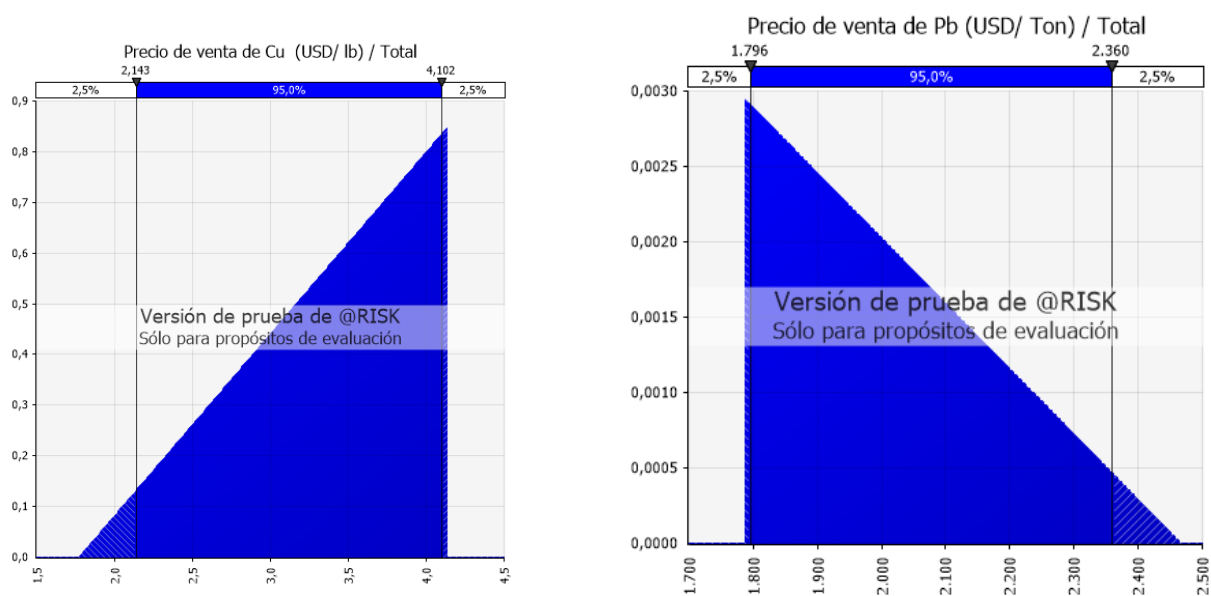
**Figura 3.1.**

*Gráfico de Estadística descriptiva de Distribución del Precio de venta del Au y Ag*



**Figura 3.2.**

*Gráfico de Estadística descriptiva de Distribución del Precio de venta del Cu y Pb*





### 3.1.2 Análisis de la estadística descriptiva del precio del Au, Ag, Cu y Pb

En la Tabla 3.1 se presentan los resultados del análisis de estadística descriptiva para el precio de los metales Au, Ag, Cu y Pb. Se obtuvieron valores de mínimos y máximos de precio, así como la moda, media y mediana. También se calcularon los valores de asimetría, desviación estándar y curtosis que presenta cada uno de los metales analizados.

**Tabla 3.1**

*Resultados de estadística descriptiva de para el precio de venta del Au, Ag, Cu y Pb*

<b>Resultados de estadística descriptiva</b>	<b>Au (USD/Oz)</b>	<b>Ag (USD/Oz)</b>	<b>Cu (USD/lb)</b>	<b>Pb (USD/Ton)</b>
Mínimo	1,106.80	14.69	1.77	1,787.82
Máximo	2,465.90	30.02	4.13	2,467.12
Media	1,559.83	19.80	3.34	2,014.25
Moda	1,106.80	14.69	4.13	1,787.82
Mediana	1,504.87	19.18	3.44	1,986.78
Desviación Estándar	320.34	3.61	0.55	160.11
Asimetría	0.56	0.56	-0.56	0.56
Curtosis	2.4	2.4	2.4	2.4

Los valores mínimos para el precio de venta de cada mineral fueron; 1,106.80 USD para el Au; 14.69 USD para el Ag; 1.77 USD para el Cu; y 1,787.82 USD para el Pb, y valores máximos de 2,465.90 USD. 30.02 USD. 4.13 USD y 2,467.12 USD para cada mineral, respectivamente. Los valores de moda presentados en la tabla para cada metal representan el escenario más esperado que puede tener el precio de venta, debido a que tienden a repetirse dentro del análisis.

Los valores de moda que son iguales al valor mínimo del precio de venta infieren que hay una concentración de los precios en el extremo inferior de la distribución, mientras que los valores de moda iguales al máximo sugieren una tendencia al alza del precio de venta.

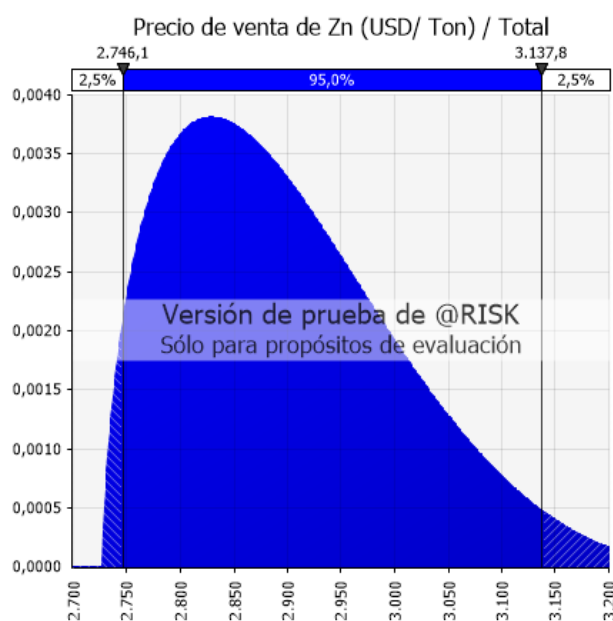
Los valores de media fueron 1,559.83 USD para el Au, 19.80 USD para el Ag, 3.34 USD en el Cu y 2,014.25 USD para el Pb. En los casos del Au, Ag y Pb, donde la media es mayor que la mediana, indican una ligera asimetría positiva. En el caso del Cu, donde la media es menor que la mediana, apunta una ligera asimetría negativa. Los valores de mediana se encuentran entre la media y la moda, lo que indica una distribución más simétrica. El valor de asimetría para cada mineral fueron 0.56 para el Au, Ag y Pb, y -0.56 para el Cu. Los valores positivos indican una distribución sesgada hacia la derecha, lo que indica una mayor probabilidad de observar precios más altos, aunque la presencia de precios bajos puede afectar la media. El valor negativo revela un sesgo hacia la izquierda, lo que sugiere que existe la posibilidad de observar precios de venta más bajos. Los valores de curtosis fueron de 2.4 positivo para todos los precios analizados, apunta a que la distribución para los precios de venta de cada mineral es relativamente plana, lo que implicando una menor probabilidad de la existencia de valores extremos. Se presentan valores de desviación estándar de 320.34 USD, 3.61 USD, 0.55 USD, 160.11 USD para el Au, Ag, Cu y Pb, respectivamente. Los valores indican la dispersión de los precios de venta en relación con la media. Valores altos, como el caso del Au, Ag y Cu, sugieren que pueden variar significativamente.

### **3.1.3 Análisis distribución de probabilidad Pert Precio del Zn, CAPEX y OPEX**

Para las variables como el precio de venta del Zn, CAPEX y OPEX, se recurre al tipo de distribución Pert, donde se toma como base 3 valores: un mínimo, un máximo y un valor esperado. Se obtienen como resultados gráficos de la distribución representadas en las Figura 3.3 y 3.4.

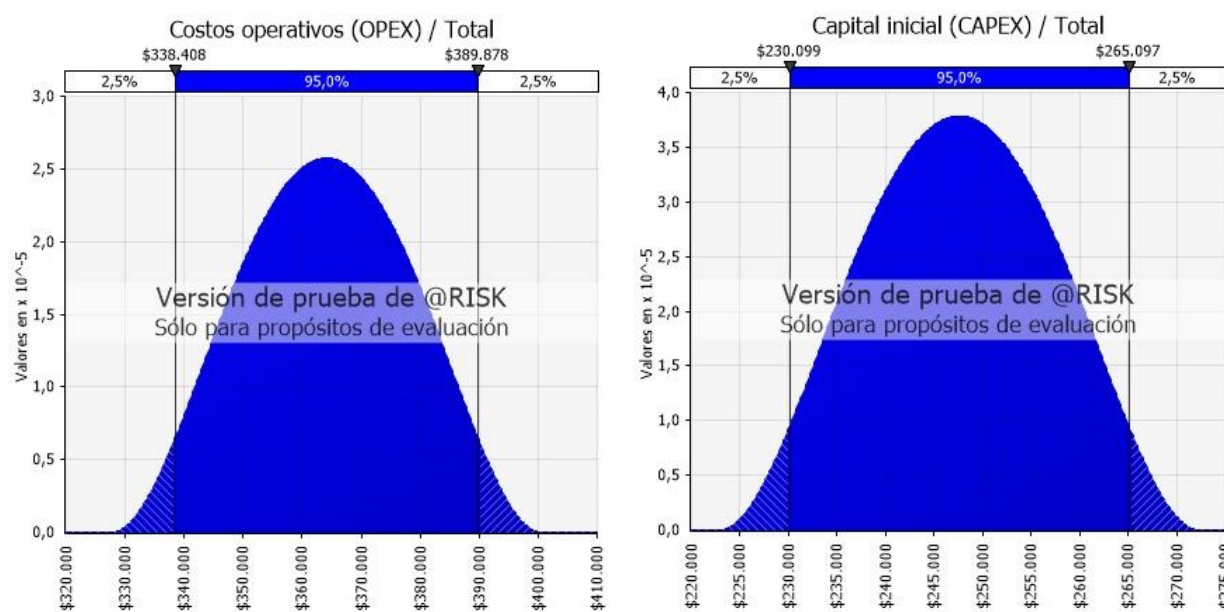
**Figura 3.3.**

*Gráfico de Estadística descriptiva de Distribución del Precio de venta del Zn, CAPEX y OPEX*



**Figura 3.4.**

*Gráfico de Estadística descriptiva de Distribución del CAPEX y OPEX*



En los gráficos de distribución tipo Pert, el eje (x) retrató los posibles valores del precio que puede tomar el Pb, CAPEX y OPEX, mientras que el eje (y) mostró la densidad de probabilidad. La parte más elevada del gráfico representó el valor de la moda, que se considera

como el resultado más factible del análisis. Cuando los valores de densidad de probabilidad se encuentran más cerca del valor de la moda, estos aumentan su probabilidad aumenta, lo que da su aspecto de forma de campana. En los gráficos de CAPEX y OPEX se observa simetría, mientras que en el precio de venta del Zn tiene una tendencia de los datos hacia el valor mínimo.

### 3.1.4 Análisis de la estadística descriptiva del precio del Zn, CAPEX y OPEX

En la Tabla 3.2 se presentan los resultados del análisis de estadística descriptiva para los precios de los metales Au, Ag, Cu y Pb, donde se consiguieron los valores de mínimos y máximos de precio, así como la moda, media y mediana. También valores de asimetría, desviación estándar y curtosis que presenta cada uno.

**Tabla 3.2**

*Resultados de estadística descriptiva del precio de venta del Zn, CAPEX y OPEX*

<b>Parámetros</b>	<b>Zn (USD/ Ton)</b>	<b>OPEX (USD)</b>	<b>CAPEX (USD)</b>
Mínimo	2,727.16	327,728.70	222,838.20
Máximo	3,352.30	400,557.30	272,357.80
Media	2,899.19	364,143.00	247,598.00
Moda	2,828.92	364,143.00	247,598.00
Mediana	2,882.87	364,143.00	247,598.00
Desviación Estándar	105.52	13,763.31	9,358.32
Asimetría	0.66	0.00	0.00
Curtosis	2.92	2.33	2.33

Para el precio del Zn, la media es de 2,899.19 USD, mientras que para el OPEX y CAPEX son 364,143 USD y 247,598 USD, respectivamente. En el valor de la media es mayor a la mediana, lo que indica una ligera asimetría positiva. Cuando la mediana se encuentra entre la media y la moda, sugiere una distribución más simétrica, con una ligera inclinación a los precios más altos del Zn. Para el caso del OPEX y CAPEX, donde los valores de media, moda y mediana

son iguales, esto indica la presencia de menos incertidumbre, significando que estos valores tienen menor tendencia a cambiar, es decir, estos costos no se verán afectados o cambiados en gran medida durante el proyecto.

La asimetría de 0.6659 para el Zn muestra una distribución moderadamente sesgada hacia la derecha, lo que significa que puede existir una mayor probabilidad de observar precios más altos que bajos. En el caso del OPEX y CAPEX, la asimetría cero indica que la distribución es perfectamente simétrica, lo que se confirma con la igualdad de los valores de media, moda y mediana. El valor de curtosis positivo de 2.92 y 2.33 sugiere que la distribución es ligeramente menos plana que una distribución normal, lo que implica una menor probabilidad de tener valores extremos del Pb, OPEX y CAPEX.

La desviación estándar del Zn es de 105.52 USD, lo que indica una dispersión moderada de los precios en relación con la media. Para el OPEX y CAPEX, los valores son 13,763.31USD y 9,358.32 USD respectivamente. En el caso del OPEX, aunque se tenga valores iguales de media, moda y mediana, este valor puede variar en un rango considerable, a diferencia del CAPEX que tiene un valor menor, lo que indica que es más estable y predecible los cambios que se pueden dar en estos gastos.

### **3.1.5 Análisis distribución de probabilidad Uniforme de riesgos e incertidumbres.**

Para las variables independientes de riesgos e incertidumbres, se tomaron los valores de mínimo y máximo respectivos, para generar la función de distribución correspondiente, que se encuentra en la Figura 3.5 y 3.6.

Figura 3.5.

Gráfico de Estadística descriptiva de Distribución de variables independientes del Rango bajo económico (USD)

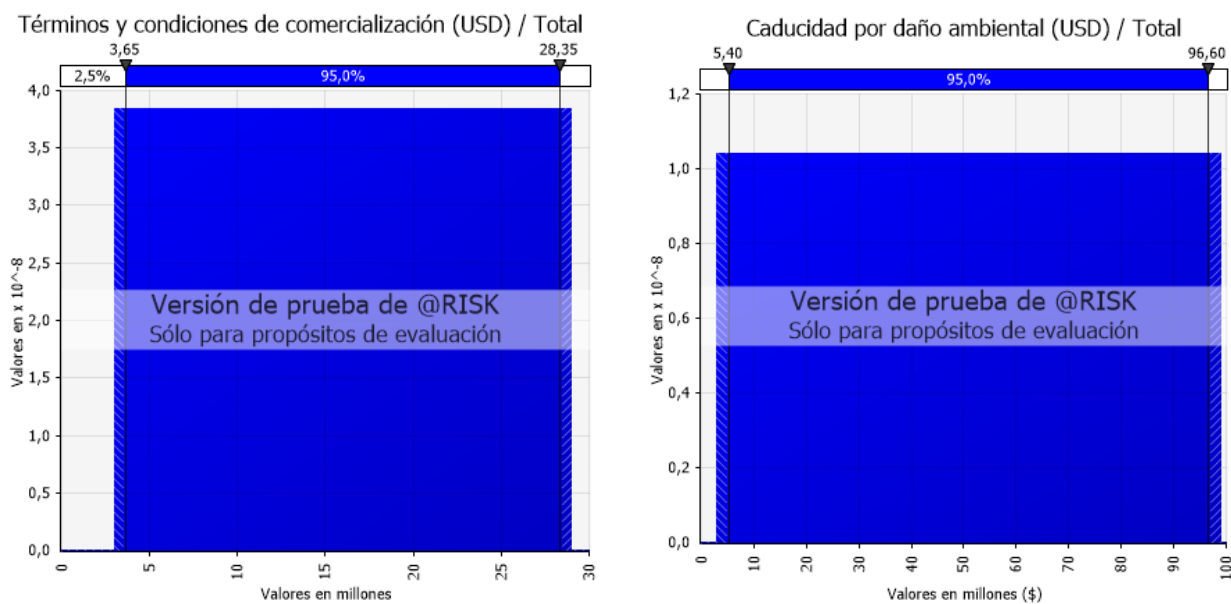
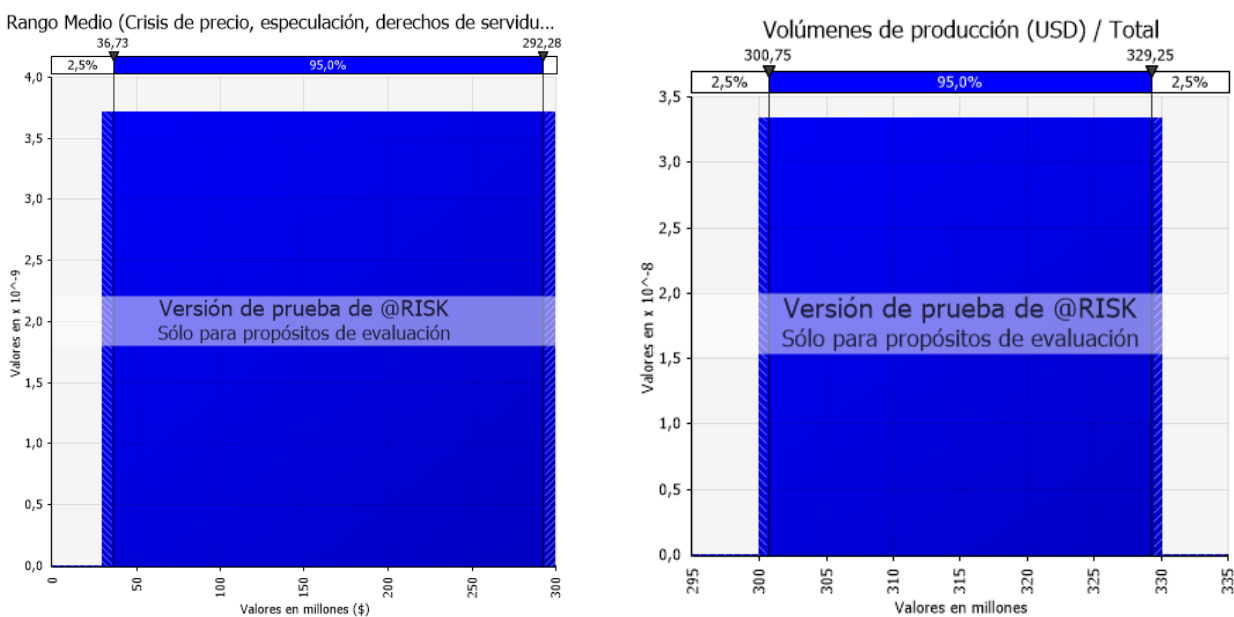


Figura 3.6.

Gráfico de Estadística descriptiva de Distribución de variables independientes del Rango medio y alto económico (USD)



En los gráficos correspondientes a los rangos económicos bajo, medio y alto, se visualizó que el eje (x), está representado por el rango abarcado por el mínimo y máximo para cada variable independiente, la altura de la gráfica se representa por el valor de densidad de probabilidad que puede tener cada valor de la variable independiente, en este caso es el mismo para todos.

### **3.1.6 Análisis de estadística descriptiva de variables de riesgos e incertidumbres en el rango económico bajo, medio y alto**

En la Tabla 3.3 se muestran los resultados del análisis de estadística descriptiva para las variables independientes de riesgos e incertidumbres clasificadas en los rangos económicos bajo, medio y alto. Se obtuvieron valores mínimos y máximos de precio, así como la moda, media y mediana. También se incluyen valores de asimetría, desviación estándar y curtosis que presentó cada una de las variables analizadas.

Las variables clasificadas en el rango económico bajo son: términos y condiciones de comercialización y la caducidad por daño ambiental. Las clasificadas dentro del rango económico medio son: crisis de precios, especulación, derechos de servidumbre, influencia política, regalías y sistemas legales regulatorios. En el rango económico alto se encontró la variable independiente de riesgo e incertidumbre de volúmenes de producción. Los resultados que se exhiben en la Tabla 3.3 relacionados a las variables independientes de riesgos e incertidumbres muestran que la curtosis es positiva de 1.8, lo que indica que los valores tienden a concentrarse más cerca de la media obtenida. Además, se visualiza que el valor de moda es “N/A”, lo que significa que no hay valores repetidos en la muestra. Los valores de la media para todas las variables de riesgo e incertidumbre presentan un valor igual a la mediana para cada rango económico, lo que muestra una distribución simétrica. Un valor de asimetría de 0 nos muestra que la distribución es perfectamente simétrica, lo que significa una distribución Uniforme en ambos lados de la media.

**Tabla 3.3**

*Resultados de estadística descriptiva de las variables independientes con riesgos e incertidumbres*

<b>Resultados de estadística descriptiva</b>	<b>Términos y condiciones de comercialización (USD)</b>	<b>Caducidad por daño ambiental (USD)</b>	<b>Rango medio económico (USD)</b>	<b>Volúmenes de producción (USD)</b>
Mínimo	3,000,000.00	3,000,000.00	30,000,000.00	300,000,000.00
Máximo	29,000,000.00	99,000,000.00	299,000,000.00	330,000,000.00
Media	16,000,000.00	51,000,000.00	164,500,000.00	315,000,000.00
Moda	N/A	N/A	N/A	N/A
Mediana	16,000,000.00	51,000,000.00	164,500,000.00	315,000,000.00
Desviación Estándar	7,505,553.5	27,712,812.92	77,653,611.21	8,660,254.04
Asimetría	0.00	0.00	0.00	0.00
Curtosis	1.80	1.80	1.80	1.80

### **3.2 Análisis de las variables dependientes VAN y TIR (salida)**

Las variables dependientes para el modelo financiero son el VAN y TIR del proyecto, las cuales serán influenciadas por las variables independientes como los precios de los metales, CAPEX, OPEX y las variables con incertidumbres o riesgos asociados al VAN.

El análisis del VAN se lo dividió en dos secciones:

- a) Variables independientes del precio de venta, CAPEX y OPEX.
- b) Variables independientes, precio de venta, incertidumbres o riesgos asociados al VAN, CAPEX y OPEX.

Para el análisis del TIR, solo se considera los precios de los metales, CAPEX y OPEX, considerando las dos situaciones que son antes y después de impuestos.



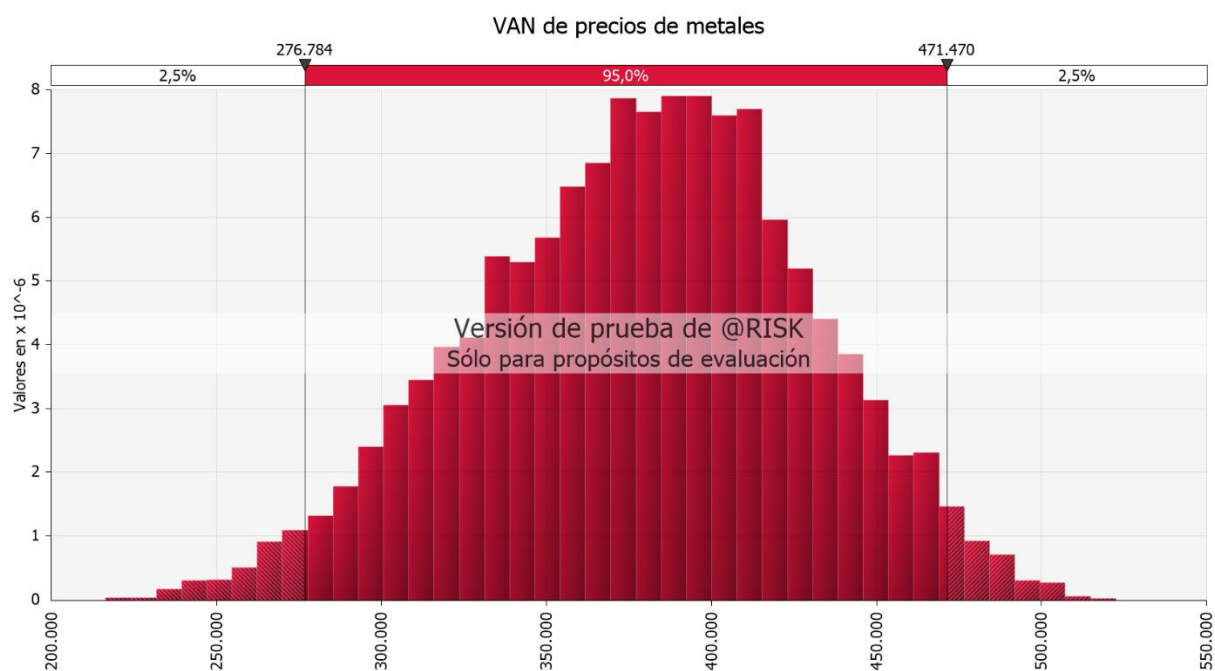
### 3.2.1 Análisis de resultados del VAN antes y después de impuestos

#### 1. Análisis de gráfico de Histograma para variables independientes, riesgos e incertidumbres, CAPEX y OPEX

El Análisis de resultados del gráfico de densidad de probabilidad de Histograma generado en el software @risk, para la primera parte se visualizan en la Figura 3.7 y 3.8, y la segunda en la Figura 3.9 y 3.10.

**Figura 3.7.**

*Gráfico de Histograma de precio de metales, CAPEX y OPEX antes de impuestos*



**Figura 3.8.**

Gráfico de Histograma de precio de metales, CAPEX y OPEX después de impuestos

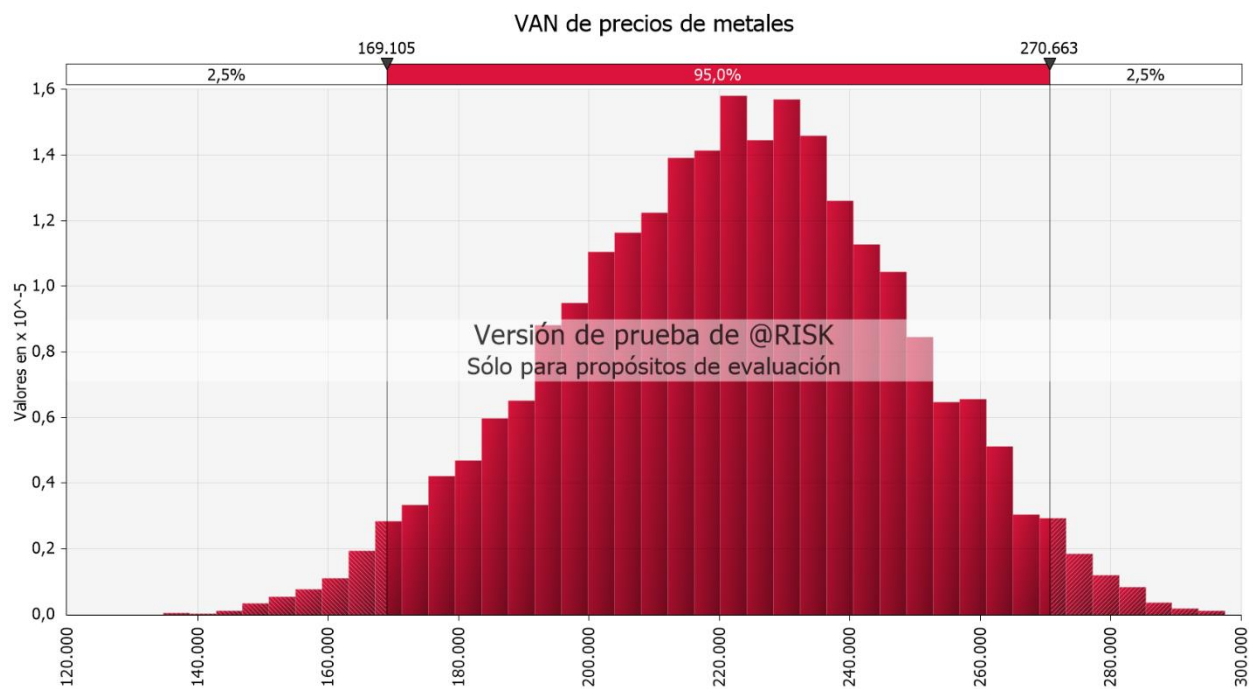
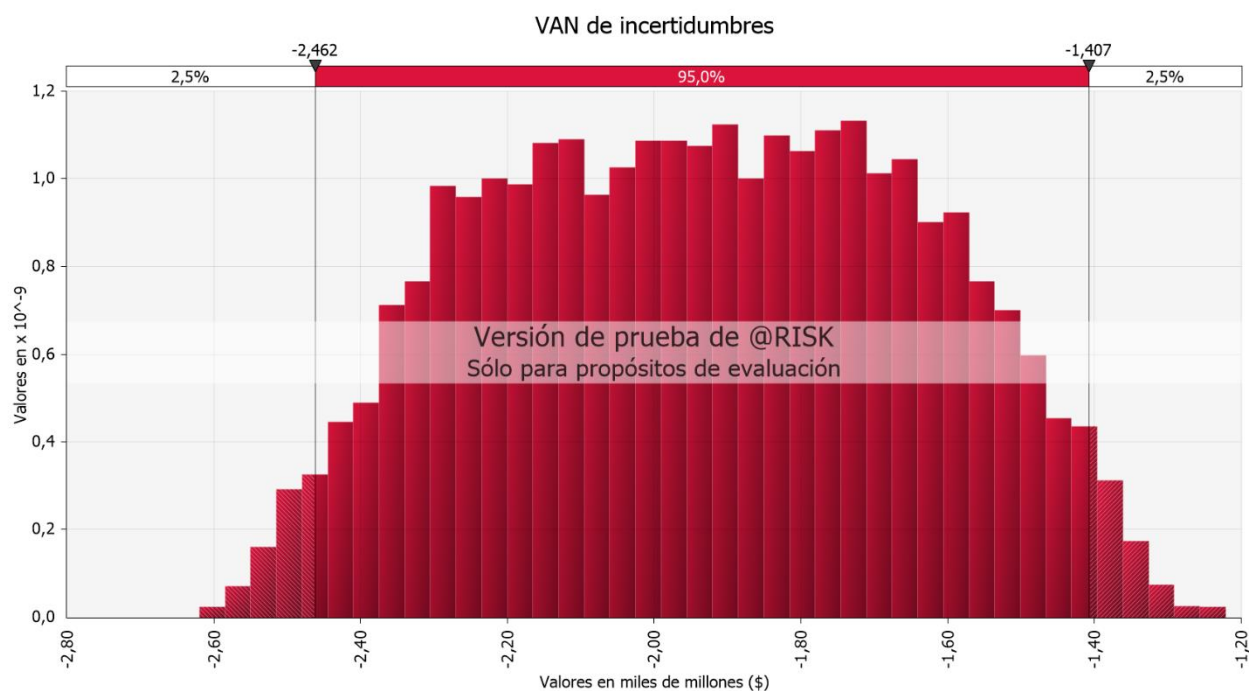
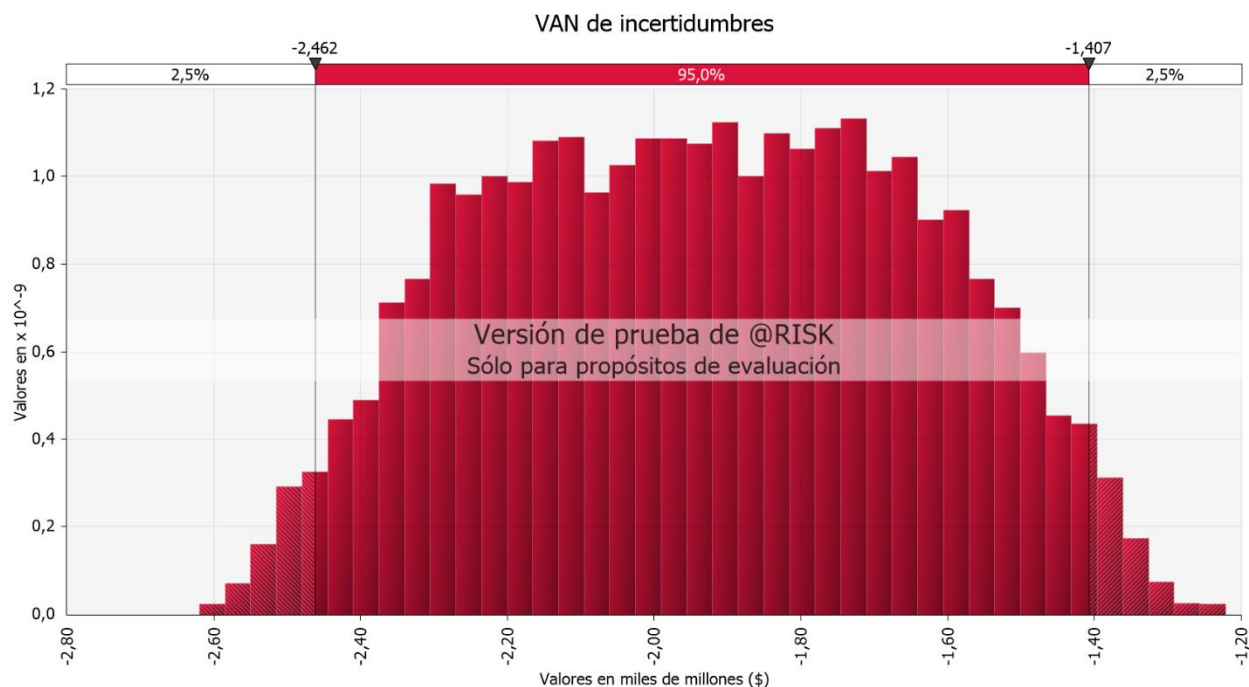
**Figura 3.9.**

Gráfico de Histograma de precio de metales, incertidumbres asociadas al VAN, CAPEX y OPEX antes de impuestos



**Figura 3.10.**

*Gráfico de Histograma de precio de metales, incertidumbres asociadas al VAN, CAPEX y OPEX después de impuestos*



En los gráficos correspondiente al análisis de la variable independiente del precio de los metales, riesgos e incertidumbres, CAPEX y OPEX antes y después de impuestos, se observa lo siguiente:

- En el eje (x) se representan los valores del VAN del proyecto, agrupados en intervalos.
- En el eje (y) se muestran la frecuencia o densidad de probabilidad de cada resultado en cada intervalo del VAN.
- Los picos o puntos más altos del gráfico representan los valores más comunes o frecuentes, que puede tener el VAN del proyecto.

Para el caso de los riesgos e incertidumbres se manejan rangos de valores negativos, donde los picos indican cuando el VAN es más afectado.

## 2. Análisis de estadística descriptiva del VAN considerando las variables independientes, precio de los metales, riesgos e incertidumbres, CAPEX y OPEX

En la Tabla 3.4 se presentan los resultados del análisis de estadística descriptiva para el análisis de VAN antes y después de impuestos, donde se consiguió valores mínimos y máximos de precio, así como de moda, media y mediana. También se incluyen valores de asimetría, desviación estándar y curtosis para cada análisis.

**Tabla 3.4**

*Resultados de la estadística descriptiva de gráfico de Histograma de precio de metales, variables de riesgos e incertidumbres, CAPEX y OPEX antes y después de impuestos*

<b>Parámetros</b>	<b>VAN para metales, CAPEX, OPEX antes de impuestos</b>	<b>VAN para metales, CAPEX, OPEX después de impuestos</b>	<b>VAN con todas las variables e incertidumbres antes de impuestos</b>	<b>VAN con todas las variables e incertidumbres después de impuestos</b>
Mínimo	216,366.44	134,685.04	-2,629,000,000.00	-2,620,000,000.00
Máximo	522,532.81	297,550.53	-1,248,000,000.00	-1,221,000,000.00
Media	378,786.16	221,615.59	-1,932,000,000.00	-1,932,000,000.00
IC: 90%	± 823.91	± 427.89	± \$4,828,311.43	± \$4,818,520.12
Moda	375,677.58	223,563.99	-2,116,000,000.00	-1,991,000,000.00
Mediana	381,546.24	222,679.32	-1,932,000,000.00	-1,932,000,000.00
Desviación				
Estándar	50,085.60	26,011.58	293,513,299.00	292,918,084.52
Asimetría	-0.1741	-0.1242	-0.0007	-0.0017
Curtosis	2.69	2.71	2.08	2.10

En la Tabla de resultados de estadística descriptiva de la distribución del Histograma, se observa que el valor mínimo del VAN del proyecto, tanto antes como después de impuestos, se

presentan dos casos: el primero, que solo toma el análisis de los precios de metales, CAPEX y OPEX; y el segundo, que incluye las variables independientes de riesgos e incertidumbres.

El rango del primer caso, generado entre el mínimo y máximo, indicó una variación considerable en los resultados a esperados. Esto recomienda que, el proyecto presenta un potencial de rentabilidad, pero así mismo un riesgo asociado a las variaciones que pueden tener los precios de los metales.

El rango generado entre el mínimo y máximo que consideró las variables de riesgos e incertidumbres muestra una variación negativa en ambos casos, lo que indica que la presencia de estas incertidumbres no hace rentable el proyecto.

La asimetría da un valor de -0.1741 antes de impuestos y -0.1242 después de impuestos, lo que revela una distribución ligeramente sesgada a la izquierda. Esto significa que hay una mayor probabilidad de obtener valores por encima de una media de 378,786.16 USD y 221,615.59 USD para cada situación.

El valor de moda antes y después impuestos fue de 375,677.58 USD y 223,563.99 USD, representando el pico más alto en cada gráfico. Esto sugirió que en la simulación se obtuvieron valores de VAN muy cercanos a la moda, lo cual es un buen indicador de la rentabilidad del proyecto, considerando valores de los precios de los metales específicos.

La desviación estándar fue de 50,085.6 USD y 26,011.58USD, nos expone que los resultados del VAN pueden variar considerablemente en torno al valor de media. Esto se considera un factor importante, ya que un VAN más variable implica mayor riesgo e incertidumbre en su rentabilidad.

Con un Intervalo de confianza de  $\pm 823.91$  USD antes de impuestos y  $\pm 427.89$  USD después de impuestos, y alrededor del valor de la media, sugiere que, con un 90% de confianza,

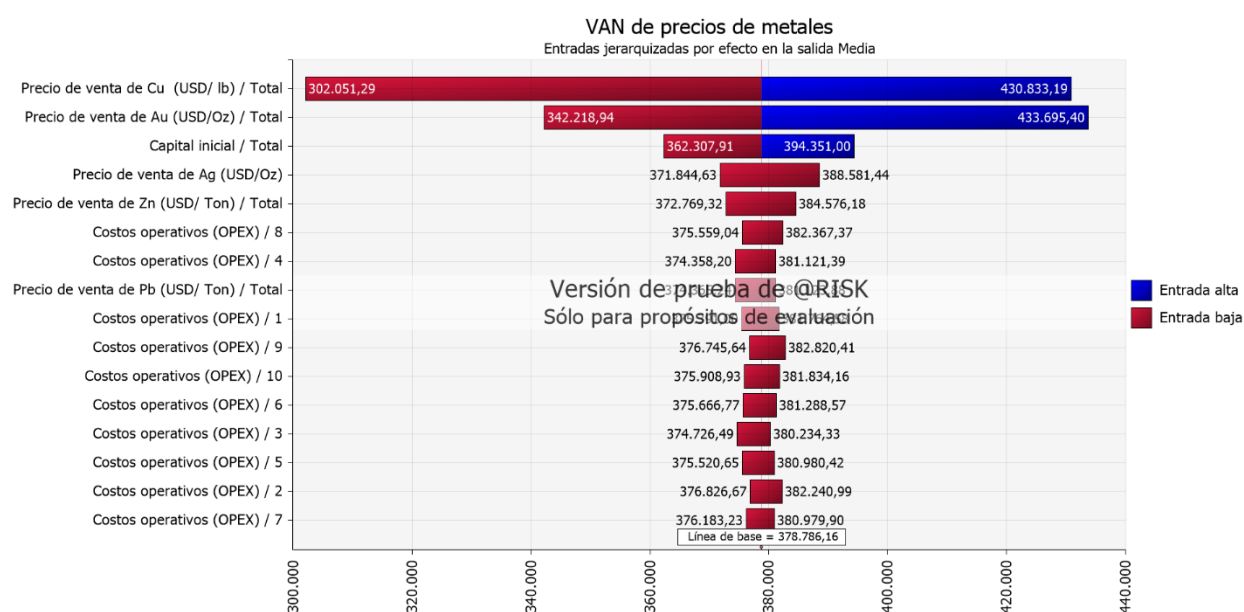
el valor del VAN del proyecto se encuentra en el rango de 337,962.25 USD y 379,610.07 USD antes de impuestos, y en un rango de 221,187.70 USD y 222,043.48 USD después de impuestos.

### 3. Análisis de gráfico de Tornado para el VAN de variables independientes de precio de los metales, riesgos e incertidumbres, CAPEX y OPEX

El análisis de resultados del gráfico de Tornado generado en el software @risk, mostró el impacto de las variables independientes, CAPEX, OPEX y riesgos e incertidumbres para el VAN. La Figura 3.11 muestra el análisis para precios de metales, CAPEX, OPEX antes de impuestos, mientras que la Figura 3.12 lo hace después de impuestos. El análisis considerando los riesgos e incertidumbres se presentan en la Figura 3.13 antes de impuestos y en la Figura 3.14 después de impuestos.

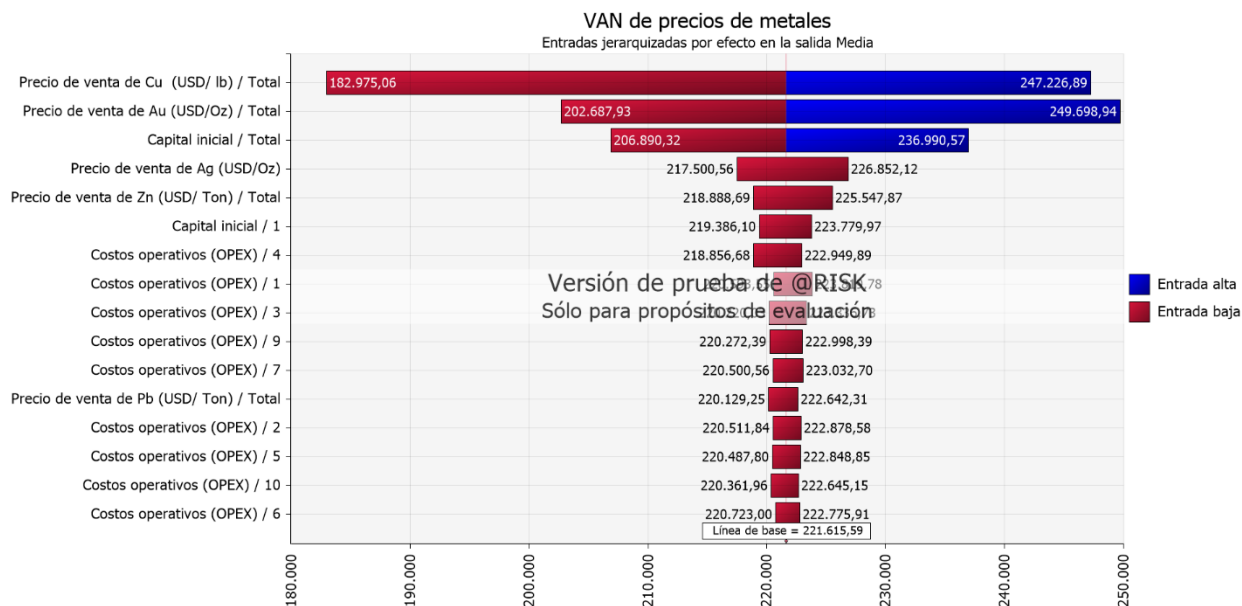
**Figura 3.11.**

*Gráfico de Tornado del VAN considerando las variables independientes de precio de metales, CAPEX y OPEX antes de impuestos*



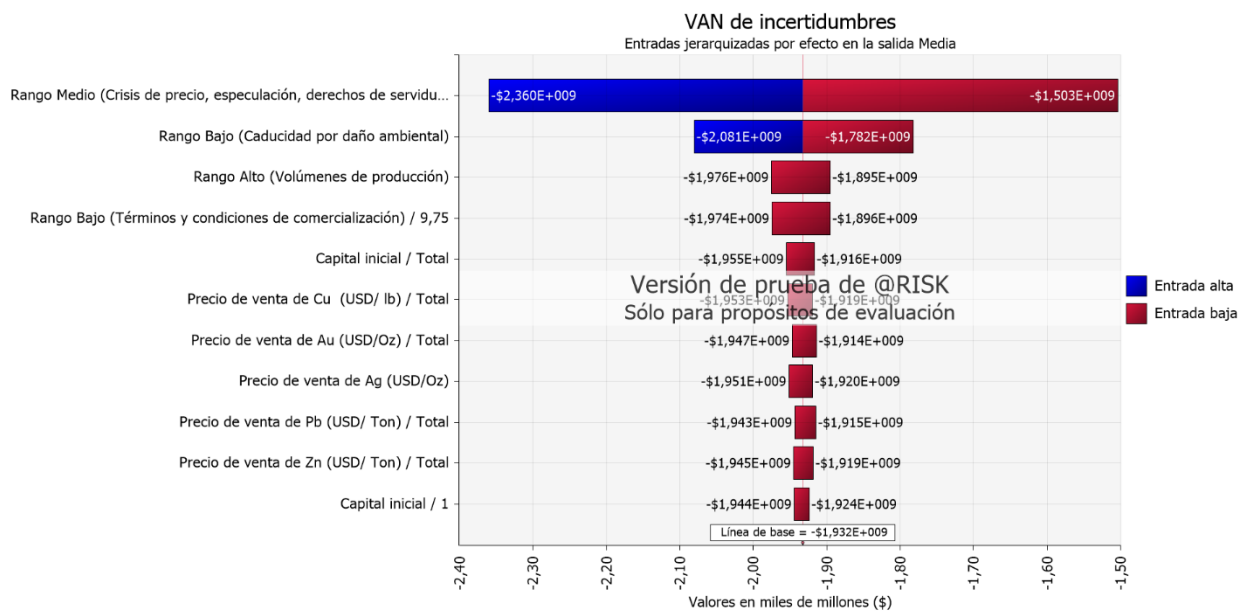
**Figura 3.12.**

*Gráfico de Tornado considerando las variables independientes de precio de metales, CAPEX y OPEX después de impuestos*



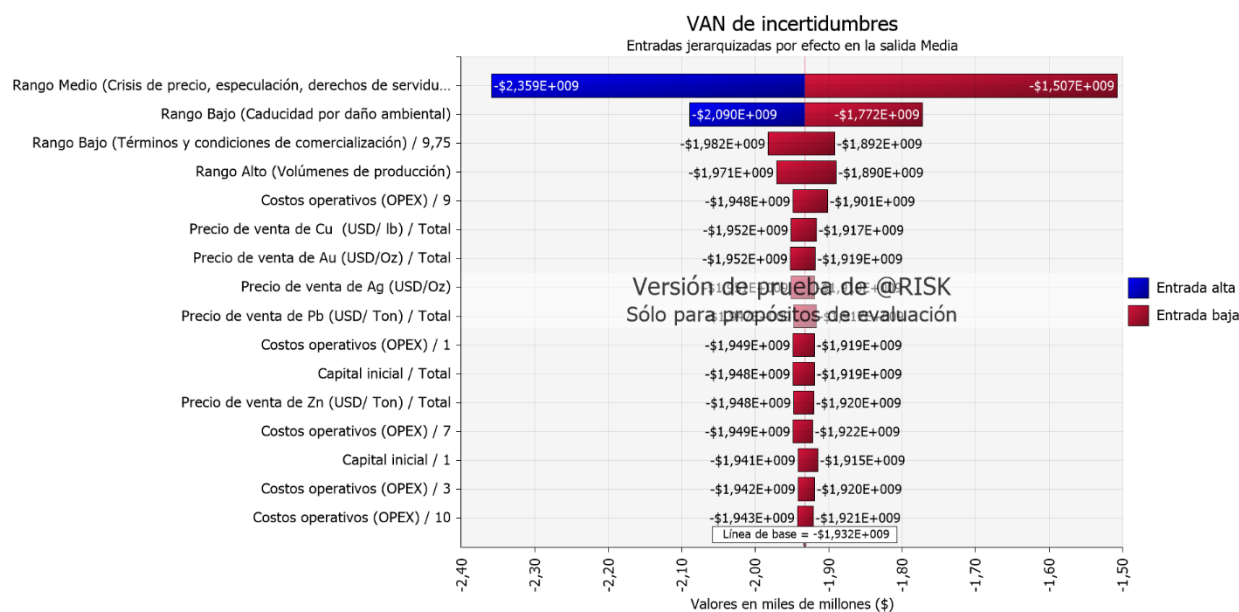
**Figura 3.13.**

*Gráfico de Tornado considerando las variables independientes de precio de metales, CAPEX, OPEX, e incertidumbres asociadas al VAN antes de impuestos*



**Figura 3.14.**

Gráfico de Tornado considerando las variables independientes de precio de metales, CAPEX, OPEX, e incertidumbres asociadas al VAN antes de impuestos



En los diagramas de Tornado se presentan todos los parámetros de entrada considerados para ambos análisis, mostrando su impacto en el VAN del proyecto. Se visualiza que las variables con mayor impacto fueron el precio del Cu, seguido del Au, y el capital inicial (CAPEX) en el primer caso. En este contexto, la barra de color azul representa el caso optimista, donde los precios de estos dos metales son los más altos posibles y el CAPEX requerido es menor. La barra color rojo representa el caso más pesimista donde están precios más bajos y un mayor valor del CAPEX requerido. La longitud de las barras indica la influencia que tiene la variable considerada en el VAN del proyecto. Para la segunda parte se visualiza que las variables con incertidumbres asociados al VAN se encuentran como las más críticas. La barra color rojo representa el caso más optimista, donde los precios son más bajos, las incertidumbres son menores, la barra azul representa el caso más pesimista.

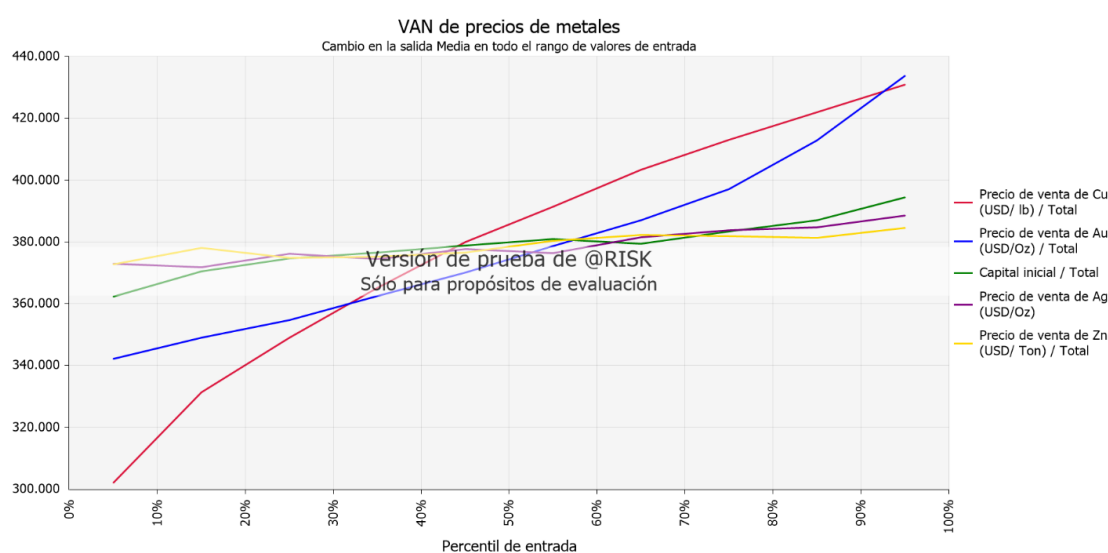


#### 4. Análisis de gráfico de Tornado del VAN para variables independientes de precio de los metales riesgos e incertidumbres, CAPEX y OPEX

El análisis de resultado del gráfico de Araña que generó el software @risk, se visualiza en la Figura 3.15 y 3.16 para la primera sección, y en la Figura 3.17 y 3.18 para la segunda parte.

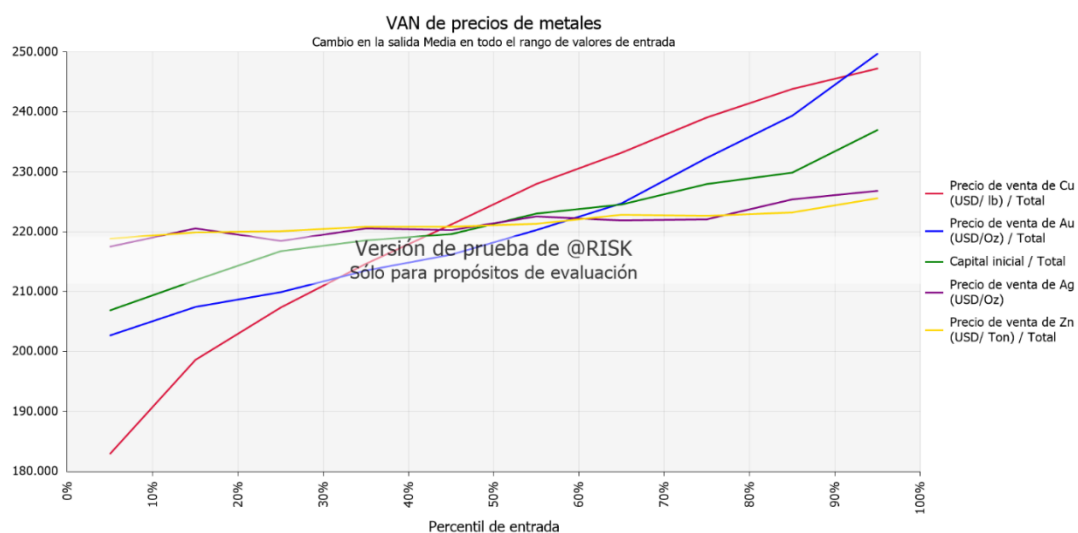
**Figura 3.15**

*Gráfico de Araña del VAN considerando el precio de metales, CAPEX y OPEX antes de impuestos*



**Figura 3.16.**

*Gráfico de Araña considerando el precio de metales, CAPEX y OPEX después de impuestos*



**Figura 3.17.**

Gráfico de Araña considerando el precio de metales, incertidumbres asociadas al VAN, CAPEX y OPEX antes de impuestos

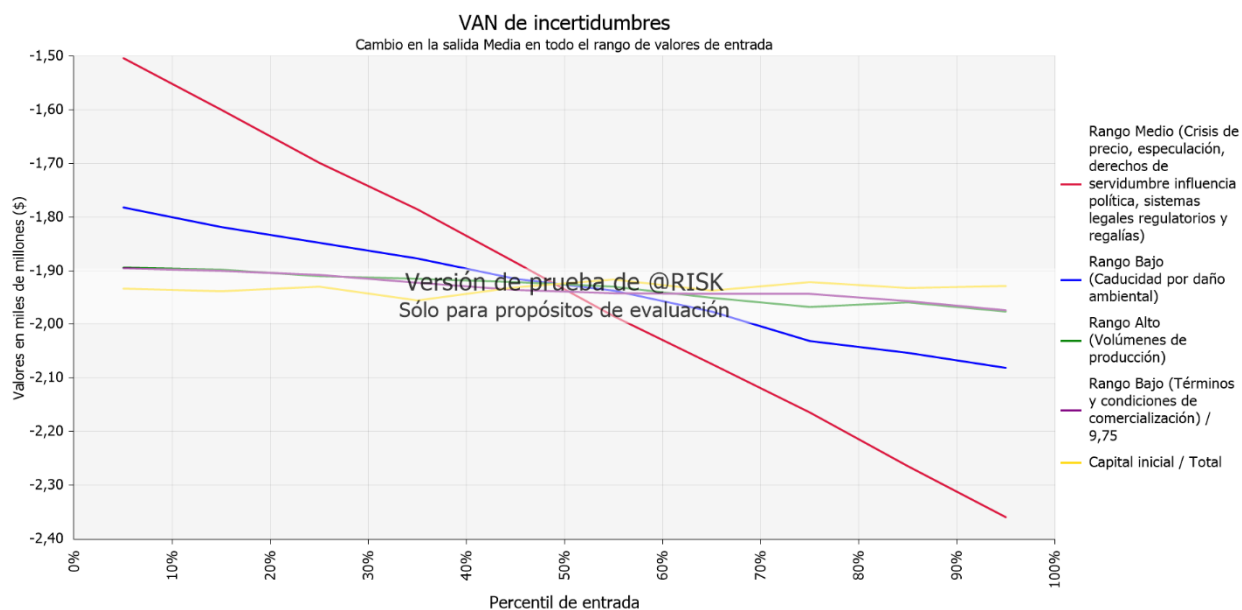
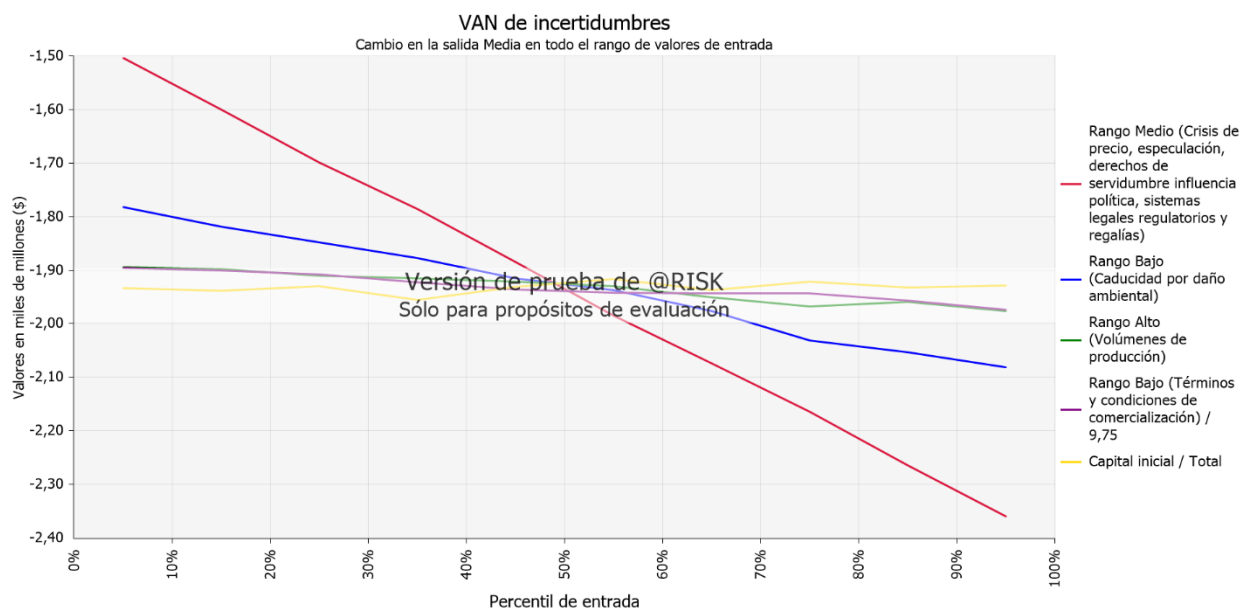


Figura 3.18.

Gráfico de Tornado considerando el precio de metales, incertidumbres asociadas al VAN, CAPEX y OPEX después de impuestos



El diagrama de Araña mostró el análisis de las variables de los precios de venta del Cu, Au, Ag, Zn y el capital inicial (CAPEX). Estas representan las 5 variables con más sensibilidad en el VAN para el primer caso. La segunda parte del análisis incluyó las variables catalogadas en rango medio, caducidad por daño ambiental (bajo), volúmenes de producción (alto), términos y condiciones de comercialización (bajo) y el capital inicial (CAPEX), que representan las 5 variables con más sensibilidad en el VAN. En el gráfico se observó que la línea más larga nos da a entender que esta variable tiene un mayor impacto sobre el VAN del proyecto. También se puede observar el rango de impacto de cada variable en el eje (y), representa un mayor rango. Para las variables que tienen líneas que están más planas o paralelas al eje (x), indican que tienen un impacto limitado o menor en el VAN del proyecto.

### **3.2.2 Análisis de resultados del TIR antes y después de impuestos**

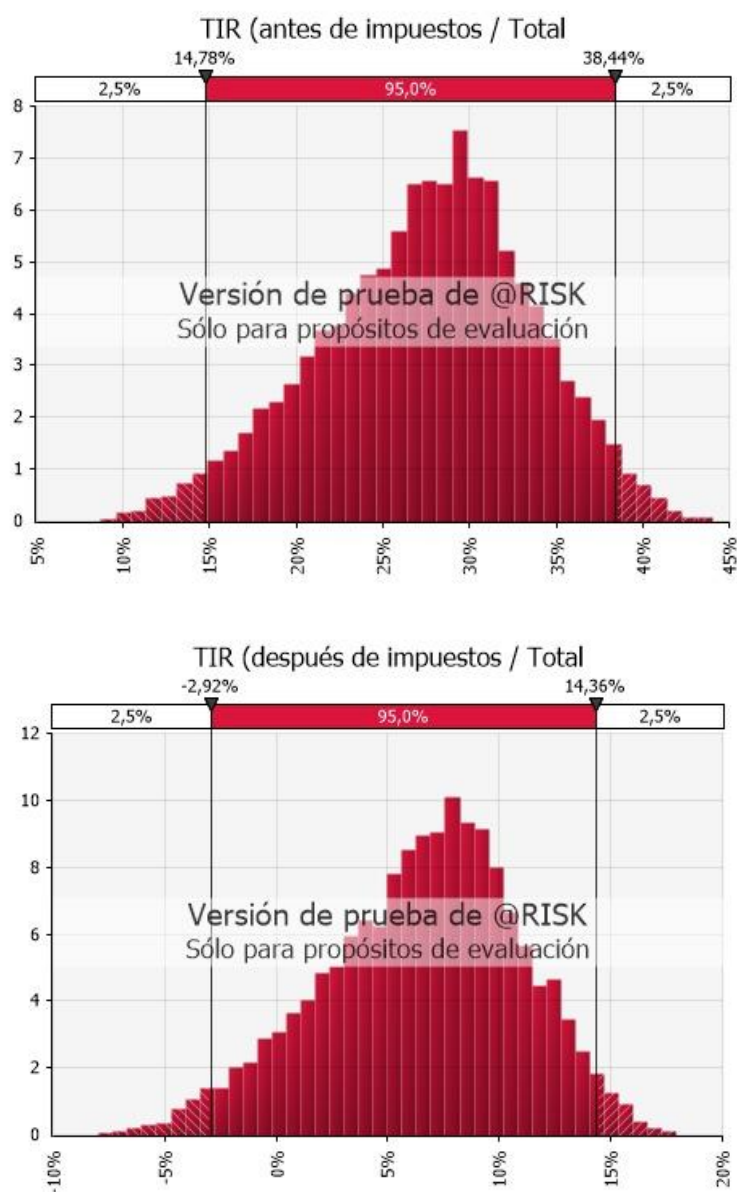
El análisis del TIR antes y después de impuestos, se presenta a continuación:

#### **1. Análisis de resultado del TIR del gráfico de densidad de probabilidad de Histograma**

El resultado generado en el software @risk, para el TIR antes y después de impuestos se presentan en la Figura 3.19 y los resultados de la estadística descriptiva en la Tabla 3.5.

**Figura 3.19.**

*Gráfico de Histograma de TIR antes y después de impuestos*



En ambos gráficos correspondiente al análisis de las variables independientes, riesgos e incertidumbres, CAPEX y OPEX, se observó que:

- En el eje (x) se mostraron los valores del TIR del proyecto, agrupado en intervalos.
- En el eje (y) se observó la frecuencia o densidad de probabilidad de cada resultado en cada intervalo del TIR.

- Los picos del gráfico vienen representados por los valores más comunes o frecuentes que puede tener el TIR del proyecto.

**Tabla 3.5**

*Resultados de la Estadística Descriptiva de gráfico de Histograma del TIR antes y después de impuestos*

<b>Resultados de Histograma del TIR antes de impuestos</b>		<b>Resultados de Histograma del TIR después de impuestos</b>	
Mínimo	8.67%	Mínimo	-7.98%
Máximo	44.07%	Máximo	17.94%
Media	27.53%	Media	6.53%
IC: 90%	± 0.0996 %	IC: 90%	± 0.0725 %
Moda	29.82%	Moda	8.05%
Mediana	28.02%	Mediana	6.95%
Desviación Estándar	6.06%	Desviación Estándar	4.41%
Asimetría	-0.2768	Asimetría	-0.339
Curtosis	2.76	Curtosis	2.78

El análisis de los resultados de la tabla de estadística descriptiva de la distribución del Histograma, se visualizó que los valores de mínimo y máximo del TIR del proyecto antes de impuestos son 8.67 % y 44.07 % y después de impuestos de -7.98 % y 17.94 %.

El rango generado entre el mínimo y máximo nos indicó una variación considerable en los resultados a esperar. Esto recomienda que el proyecto presenta un potencial económico, pero así mismo un riesgo asociado a las variaciones que pueden tener los precios de los metales.

La asimetría da un valor de -0. 2768 antes de impuestos y de -0. 3390 después de impuestos, lo que revela una distribución ligeramente sesgada a la izquierda. Esto significa que hay una mayor probabilidad de obtener valores por encima de una media de 27.530 % y 6.53 % para cada situación.

El valor de moda antes y después impuestos fue 29,82 % y 8.05 %, representando el pico más alto en cada gráfico. Esto sugirió que en la simulación se obtuvieron valores de TIR muy cercanos a la moda, lo que indica un buen indicador de la viabilidad del proyecto, considerando los precios específicos de los metales.

La desviación estándar fue de 6.06 % y 4.41 %, lo que revela que los resultados del TIR pueden variar considerablemente en torno al valor de media.

Con un Intervalo de confianza de  $\pm 0.0996$  % antes de impuestos y  $\pm 0.0723$  % después de impuestos, y alrededor del valor de la media, sugiere que, con un 90% de confianza, el valor del TIR del proyecto se encuentra en el rango de 27.43% y 6.46% antes de impuestos, y de 27.63% y 6.61% después de impuestos. Estos valores pueden aumentar si se consideran precios de metales altos.

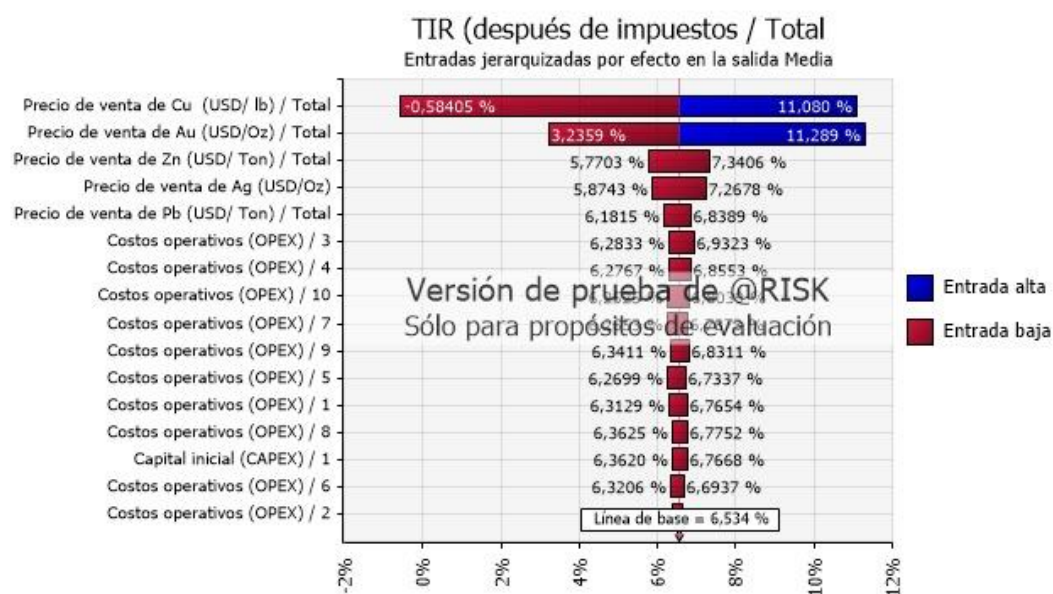
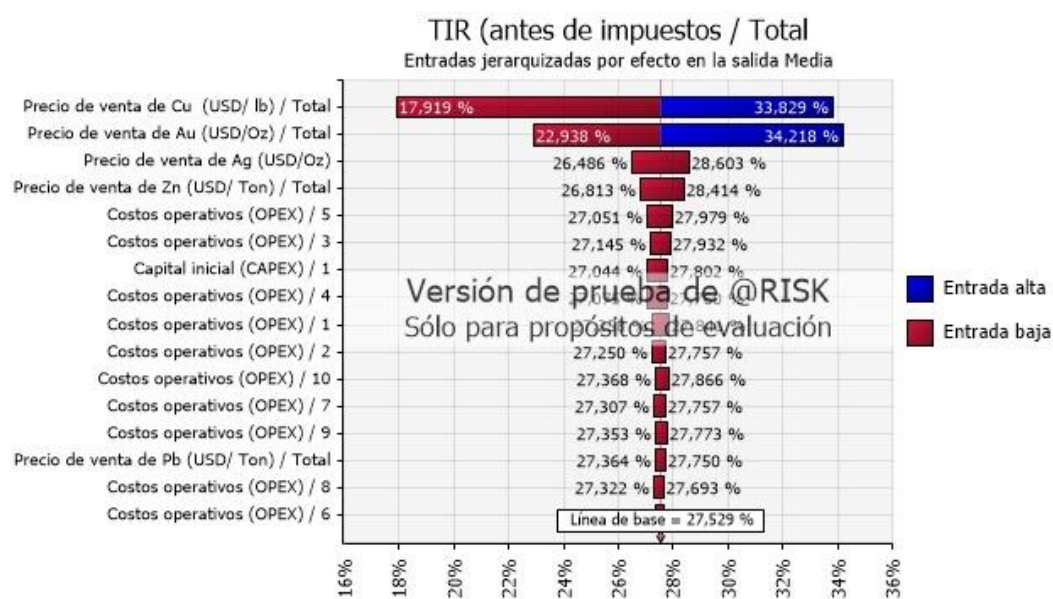
## **2. Análisis de resultado del TIR gráfico de Tornado**

El análisis del gráfico de Tornado para las variables independientes relacionadas al precio de los metales, y la variación del CAPEX y OPEX antes y después de impuestos, se visualiza en la Figura 3.20.

En el diagrama de Tornado se presentan todos los parámetros de entrada considerados para el primer análisis, mostrando su impacto en el VAN del proyecto. Se visualizó que las variables con mayor impacto son el precio del Cu, luego el Au, y el capital inicial. La barra de color azul representa el caso optimista, donde los precios de estos dos metales son los más altos posibles. La barra color rojo representa el caso más pesimista donde están precios más bajo. La longitud de las barras indica la influencia que tiene la variable considerada en el TIR del proyecto, en este caso el precio del Cu y Au que presentan dos posibles escenarios.

Figura 3.20.

Gráfico de Tornado de TIR antes de impuestos y después de impuestos

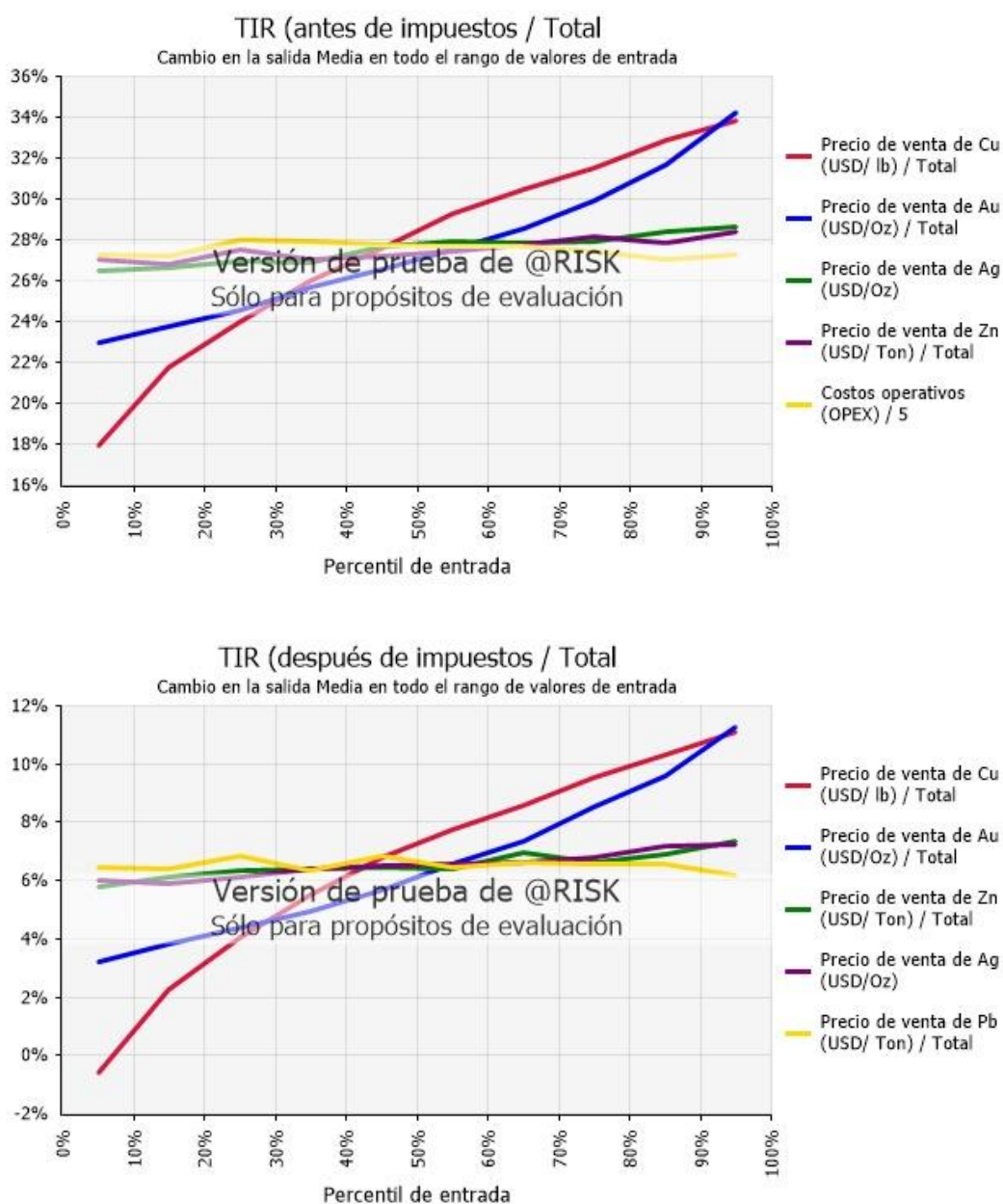


### 3. Análisis de resultado del TIR gráfico de Araña

Los resultados que se obtuvo en el diagrama de Araña para el análisis de las variables independientes asociadas al precio de los metales, el CAPEX y OPEX, antes y después de impuestos se presentan en la Figura 3.21.

**Figura 3.21.**

*Gráfico de Araña de TIR antes de impuestos y después de impuestos*





El diagrama de Araña muestra el análisis de las variables de los precios de venta del Cu, Au, Ag, Zn y el capital inicial (CAPEX), que representaron las 5 variables con más sensibilidad en el TIR. En el diagrama, se observó que la línea más larga es el precio del Cu, lo que nos da a entender que esta variable tiene un mayor impacto sobre el TIR del proyecto. También se pudo evaluar el rango de impacto de cada variable en el eje (y), donde el Cu, representa un mayor rango. Para las variables de CAPEX, precio de venta de Ag y Zn, como están más planas o paralelas al eje (x), indicaron que tienen un impacto limitado o menor en el VAN del proyecto, a diferencia del Cu y Au. Podemos concluir que las variables más críticas son el precio de Cu y Au, lo que indica que cambios en estas variables tienen gran impacto en el TIR.

## Capítulo 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

Los resultados obtenidos luego de aplicar las etapas de recolección de datos, trabajo documental y de campo y valoración e interpretación de sensibilidad mediante el software de @risk con el método Montecarlo, antes y después de impuestos, se resumen en las siguientes conclusiones:

- El análisis de sensibilidad realizado al proyecto minero El Domo – Curipamaba permitió identificar cuáles son las variables independientes y dependientes que influyen en su viabilidad económica. Como variables independientes se tienen los precios de venta de los metales de Au, Ag, Cu, Zn y Pb, así como los costos de capital y costos operativos, representados por el CAPEX y OPEX, que son cruciales para el rendimiento del proyecto. Por otro lado, como variables dependientes, se determinó que son el VAN y TIR las variables que reflejan la rentabilidad y sostenibilidad del proyecto a lo largo de la vida útil del proyecto.
- Los riesgos e incertidumbres que influyen en el proyecto minero, identificados a partir del análisis de los gráficos de Tornados, son; la influencia política, derechos de servidumbre, sistemas regulatorios, crisis de precios, regalías y especulación y caducidad por daño ambiental. La presencia de estos riesgos durante el desarrollo del proyecto genera pérdidas significativas, ya que contribuyen a un Valor Actual Neto (VAN) negativo.
- El análisis realizado con el software @risk, mostró que el precio del Cu es la variable más crítica, considerando el análisis antes y después de impuestos. Esto indica que un aumento en su precio y producción podría incrementar significativamente los ingresos esperados del proyecto.

- La evaluación de la viabilidad económica del proyecto minero El Domo – Curipamaba, basada en los resultados de riesgos y análisis de sensibilidad, indican que el proyecto es viable: Los resultados del análisis presentaron un VAN, antes de impuestos, de 378,786 USD y de 221,616 USD después de impuestos, lo que refleja que los impuestos representan un 58.51 % de los ingresos. En el TIR antes de impuestos fue de 28%, y después de impuestos de 7%. Lo que sugiere que el proyecto depende de la estabilidad de precio de los metales, especialmente del Cu, que fue la variable independiente más crítica, y requiere de un monitoreo continuo.

#### **4.2 Recomendaciones**

Luego de finalizar el análisis de sensibilidad económica al proyecto minero El Domo – Curipamaba, teniendo en cuenta las limitaciones del uso de una versión demo del software @risk, se recomienda:

- Estimar la variación de los precios de los minerales periódicamente, ya que se consideran como fuente de ingresos del proyecto, así como su producción proyectada. Esto es crucial porque si el precio del mineral con mayor producción baja también afecta a los ingresos esperados del proyecto, en este caso se observó que el Cu genera la mayor cantidad de ingresos.
- Considerar el uso herramientas como el software @risk, para tener un mayor detalle del análisis de las variables independientes e incertidumbres o riesgos que se pueden presentar en las fases de un proyecto minero, ya sea en el perfil del proyecto, prefactibilidad, o factibilidad.
- Proyectar el valor puedan tener los precios de los metales (Au, Ag, Cu, Zn y Pb), basándose en un histórico de precios que abarque la mayor cantidad de años

posible. Esto permitirá realizar un análisis de tendencia de cómo fluctúan estos precios y su impacto durante la vida útil del proyecto.

- Se debe implementar el análisis de sensibilidad considerando riesgos e incertidumbres en futuros proyectos que se encuentren en la evaluación económica. Esto ayuda a visualizar y priorizar las variables independientes que se pueden afectar la viabilidad económica de los proyectos en cualquier fase minera y tomar las decisiones de manera oportuna y prioritaria.

## Referencias

- ARCOM. (2016). *Reglamento de Calificación de Recursos y Reservas Mineras*.  
www.lexis.com.ec
- Ayala Lomas, R. S. (2015). *Gestión de riesgo e incertidumbre para pasar de la fase de exploración avanzada a la fase de explotación del proyecto de cobre a gran escala de la compañía minera ruta de cobre s.a*. Universidad Central Del Ecuador .
- Bisaillon, C., Ing, P., El Rassi, D., Stephens, B., Daniel Gagnon, P. M., Ing Klohn Crippen Berger, P., Shaw, S., & Sc, B. (2021). *Informe Técnico Estudio de factibilidad Proyecto El Domo Ecuador Central*. <https://salazarresources.com/investors/technical-reports/>
- Cabezas Arboleda, P. (2023). *Boletín del Sector Minero Resultados del Tercer Trimestre 2023*.  
www.bce.ecSepermitelareproduccióndeestosedocumentosiemprequesecitelafuente.
- Calvo, G., Adam Johnston, P., & Recursos Ltd, S. (2014). *Proyecto Curipamba- Depósito El Domo Evaluación Económica Preliminar Ecuador Central*.  
[https://salazarresources.com/site/assets/files/5233/srl\\_ni\\_43-101\\_pea\\_el\\_domo\\_2014.pdf](https://salazarresources.com/site/assets/files/5233/srl_ni_43-101_pea_el_domo_2014.pdf)
- Datosmacro. (2017). *Materias Primas 2024 | Datosmacro.com*.  
<https://datosmacro.expansion.com/materias-primas>
- Estrategias de Inversión. (2024). *Análisis de Sensibilidad*.  
<https://www.estrategiasdeinversion.com/herramientas/diccionario/analisis-fundamental/analisis-de-sensibilidad-t-24>
- Frost, D., Gagnon, D., Scholtz, Esias. P., & DRA Global Limited. (2021). *Informe Técnico de estudio de factibilidad Dundee Precious Metals Inc. Proyecto Loma Larga Provincia de Azuay, Ecuador*. <https://dundeeprecious.com/site/assets/files/13936/loma-larga-technical-report-112921.pdf>
- Gallo Molina, B. (2021). *Diplomado Virtual en Guía didáctica 1: Generalidades de la estructura financiera*. <https://politecnicodecolombia.edu.co/diplomados-virtuales-gratis.html>
- Gómez Salazar, E. A., Mora Cuartas, A. M., & Uribe Martín, R. (2015). *Análisis de riesgo en proyectos con @Risk* (Vol. 2).
- Gordillo Jarrín, P. J. (2014). *Impacto Económico del proyecto Minero a gran escala Mirador en Ecuador* [Pontificia Universidad Católica Del Ecuador ].  
<https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/33607>
- Herrera Herbert, J. (2022). El proceso de evaluación de un proyecto minero. En *El proceso de evaluación de un proyecto minero* (Vol. 2). Universidad Politécnica de Madrid. Escuela

- Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía.  
<https://doi.org/10.20868/upm.book.70265>
- ILPIIE. (2023). *Qué es un modelo financiero en proyectos de inversión*.
- Kitco. (2024). *Base & Industrial Metals | Base Metal Prices, Charts and News | KITCO*.  
[https://www.kitco.com/price/base-metals#google\\_vignette](https://www.kitco.com/price/base-metals#google_vignette)
- Leroux, D., Wolfe, B., Orava, D., Meik, S., & Jin, J. (2019). *Evaluación Económica Preliminar de la mina Proyecto VMS Provincia de Cotopaxi Ecuador*.  
[https://aticomining.com/\\_resources/technical-reports/La%20Mina-NI-43-101\\_PEA-Technical-Report\\_Amended-and-Restated-FINAL1.pdf?v=061003](https://aticomining.com/_resources/technical-reports/La%20Mina-NI-43-101_PEA-Technical-Report_Amended-and-Restated-FINAL1.pdf?v=061003)
- Palisade. (2020). *Acerca de @RISK*.  
[https://help.palisade.com/v8\\_1/es/@RISK/About/About/About.htm](https://help.palisade.com/v8_1/es/@RISK/About/About/About.htm)
- Patel, A., Ken Embree, Pe., Piésold Ltd Torben Jensen, K., & Hugo Miranda, Pi. M. (2019). *Informe Técnico sobre el Evaluación Económica Preliminar para el Proyecto Curipamba-El Domo, Ecuador Central*. [https://salazarresources.com/site/assets/files/5216/srl\\_ni\\_43-101\\_pea\\_el\\_domo\\_14\\_june\\_2019.pdf](https://salazarresources.com/site/assets/files/5216/srl_ni_43-101_pea_el_domo_14_june_2019.pdf)
- Rivera Acuña, A. D. (2011). *Evaluación Económica del Proyecto Minero San Antonio Óxidos* [Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104357>
- Verastegui León, M. I. (2016). *Evaluación de la Factibilidad Económica-Financiera del Proyecto Aurífero Minero “Las Alexas” ubicado en el distrito de Rio Grande, provincia de Condesuyos, región Arequipa* [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/620914>

## Apéndices

### Apéndice A: Cronograma de actividades para visita de campo al proyecto El Domo - Curipamba

Cronograma de actividades de vista de campo Proyecto el Domo-Curipamba empresa Curimining S. A	
Estudiante:	Byron Patricio López Soria Matrícula 201516716 Cédula 0930911490
Universidad	ESPOL
Día 1	4/7/2024
Ítems	Actividad
1	Salida de Guayaquil a Zapotal Nuevo 7:00:00
2	Logística de transporte por parte de Curimining desde Zapotal Nuevo 9:30:00
3	Inducción de la empresa Curimining S. A
4	Conocimiento y recorrido del área de estudio del proyecto El Domo – Curipamba
Día 2	5/7/2024
1	Visita al área de logeo del proyecto El Domo- Curipamba
2	Procesos en el área de logeo del proyecto El Domo – Curipamba
3	Salida a Guayaquil 16:00 horas



**Apéndice B: Precio de metales del 2014 - 2024**

**Tabla B1. Valores de precios de metales de Au, Ag, Cu, Zn del 2014-2024**

Año	Au (Oz/USD)		Ag (Oz/USD)		Cu (lb/USD)		Zn (Ton/USD)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	máximo	mínimo	Máximo	mínimo	máximo
2014	1183.112	1203.670	15.61806	19.40602	2.84065	3.42035	---	---
2015	1060.971	1181.902	13.85831	15.52859	2.12796	2.84211	---	---
2016	1061.735	1151.956	13.85326	15.92192	2.12799	2.49565	---	---
2017	1153.056	1302.690	15.97364	16.87868	2.49565	3.25006	---	---
2018	1283.788	1301.822	15.50830	16.89573	2.62457	3.27394	---	---
2019	1283.788	1515.457	15.50830	17.82068	2.62561	2.78157	---	---
2020	1519.052	1896.416	17.91406	26.25636	2.78157	3.49206	---	---
2021	1830.977	1896.416	23.34625	26.25636	3.49860	4.44105	---	---
2022	1824.069	1829.671	23.36400	26.35445	3.81989	4.44105	2950.59	3754.00
2023	1825.937	2059.357	23.36400	23.93570	3.81498	3.85560	2657.06	3000.78
2024	2065.860	2455.248	23.82818	30.22461	3.85560	4.40692	2634.44	2819.88

*Nota.* Los valores de precios de Au, Ag, Cu y Zn fueron tomados de Kitco (2024).

**Tabla B2. Valores de precio del Pb del 2014 -2024**

Mes	Año										
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Enero	2,143.17	1,843.13	1,646.20	2,242.62	2,584.09	1,997.14	1,923.93	2,014.73	2,331.85	2,207.40	2,087.39
Febrero	2,108.03	1,795.66	1,765.75	2,311.50	2,581.06	2,062.79	1,872.54	2,080.11	2,296.86	2,093.06	2,079.83
Marzo	2,053.08	1,792.47	1,802.19	2,280.92	2,390.00	2,046.46	1,734.44	1,948.00	2,344.84	2,115.18	2,054.67
Abril	2,087.09	2,005.36	1,732.27	2,220.61	2,352.41	1,938.99	1,657.55	2,011.92	2,386.11	2,144.86	2,124.97
Mayo	2,097.33	1,991.78	1,707.80	2,125.11	2,360.93	1,815.19	1,626.34	2,182.53	2,147.78	2,088.27	2,220.02
Junio	2,106.94	1,829.50	1,712.77	2,132.93	2,436.29	1,899.70	1,744.84	2,191.03	2,075.16	2,122.89	2,147.10
Julio	2,193.24	1,763.04	1,834.79	2,269.86	2,207.02	1,975.64	1,817.93	2,337.51	1,985.20	2,109.12	2,109.12
Agosto	2,236.84	1,703.60	1,835.52	2,348.47	2,053.53	2,044.55	1,936.27	2,414.47	2,068.84	2,154.61	2,154.61
Septiembre	2,117.24	1,684.25	1,947.64	2,374.39	2,022.91	2,071.85	1,872.91	2,248.30	1,870.10	2,252.10	2,252.10
Octubre	2,034.26	1,720.11	2,024.49	2,498.22	1,987.55	2,184.09	1,776.27	2,344.83	1,999.86	2,131.36	2,131.36
Noviembre	2,030.18	1,618.35	2,180.58	2,461.43	1,937.11	2,021.15	1,915.62	2,329.98	2,099.99	2,188.46	2,188.46
Diciembre	1,938.11	1,706.58	2,209.84	2,509.92	1,972.32	1,900.54	2,020.47	2,301.69	2,226.11	2,027.20	2,027.20

*Nota.* Los valores de precios de Pb fueron tomados de Datosmacro (2017).

**Tabla B3. Valores promedios de los precios de metales de Au, Ag, Cu, Zn, y Pb del 2014-  
2024**

Año	Au (Oz/USD)	Ag (Oz/USD)	Cu (lb/USD)	Zn (Ton/USD)	Pb (Ton/USD)
2014	1,193.39	17.51	3.13	---	2,095.46
2015	1,121.44	14.69	2.49	---	1,787.82
2016	1,106.85	14.89	2.31	---	1,866.65
2017	1,227.87	16.43	2.87	---	2,314.67
2018	1,292.81	16.20	2.95	---	2,240.44
2019	1,399.62	16.66	2.70	---	1,996.51
2020	1,707.73	22.09	3.14	---	1,824.93
2021	1,863.70	24.80	3.97	---	2,200.43
2022	1,826.87	24.86	4.13	3.35230	2,152.73
2023	1,942.65	23.65	3.84	2.82892	2,136.21
2024	2,260.55	27.03	4.13	2.72716	2,131.40

**Apéndice C: Rangos y valores de variables independientes de riesgos e incertidumbres  
asociadas al VAN**

Variable	Rango	Valor de la media (USD)
Términos y condiciones de comercialización	Bajo	16,000,000.00
Caducidad por daño ambiental	Bajo	51,000,000.00
Crisis de precios	Medio	164,500,000.00
Especulación		
Derechos de servidumbre		
Influencia política		
Regalías		
Sistemas legales regulatorios		
Volúmenes de producción	Alto	315,000,000.00

**Apéndice D: Rangos y valores de los valores del CAPEX y OPEX del Flujo de caja**

Parámetro	Valor Mínimo (-10%)	Valor del flujo	Valor Máximo (+10%)
CAPEX	222,838	247,598	272,358
Año -1	28,838	32,042	35,246
Año-2	173,921	193,245	212,570
Año 1	20,080	22,311	24,542
OPEX	327,729	364,143	400,557
Año 1	40,511	45,012	49,513
Año 2	37,300	41,444	45,588
Año 3	39,228	43,587	47,946
Año 4	38,979	43,310	47,641
Año 5	38,782	43,091	47,400
Año 6	37,714	41,904	46,094
Año 7	27,570	30,633	33,696
Año 8	24,340	27,044	29,748
Año 9	23,651	26,279	28,907
Año 10	19,655	21,839	24,023

**Apéndice E: Flujo de caja para realizar el análisis de sensibilidad del proyecto con las variables independientes consideradas.**

Periodo	Total	-1	-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Volumen de producción (Ton)													
Au (Oz)				30.00	31.00	26.00	27.00	33.00	29.00	22.00	17.00	15.00	10.00
Ag (Oz)				457.00	516.00	531.00	558.00	656.00	602.00	415.00	312.00	269.00	199.00
Cu (Ton)				11.00	11.00	12.00	8.00	10.00	8.00	8.00	9.00	10.00	6.00
Pb (Ton)				0.25	0.24	0.25	0.46	0.54	0.37	0.20	0.11	0.00	0.00
Zn (Ton)				11.00	10.00	10.00	11.00	14.00	11.00	8.00	6.00	4.00	3.00
Ingresos por venta de metal													
Au				46,795	48,355	40,556	42,116	51,475	45,235	34,316	26,517	23,398	15,598
Ag				9,049	10,217	10,514	11,049	12,989	11,920	8,217	6,178	5,326	3,940
Cu				81,092	81,092	88,464	58,976	73,720	58,976	58,976	66,348	73,720	44,232
Pb				504	483	504	927	1,088	745	403	222	0	0
Zn				31,891	28,992	28,992	31,891	40,589	31,891	23,194	17,395	11,597	8,698



	Periodo	Total	-1	-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Gastos de capital	300,741.0	32,04	193,2	26,510	4,445.	5,375.	3,424.	1,700.		1,150.			
	totales	0	2	45	.00	00	00	00	00	6,469.00	00	1,150.00	1,150.00	24,073.00
	Cambios en el Capital de trabajo	3,637.00			8.695,	6.00	136.00	00	00	2,748.00	58.00	939.00	455.00	3,406.00
		\$	-	-										
Flujo de caja para metales	Flujo de caja financiero	628,511.7	32,04	193,2	74,372	112.84	109,19	87,993	121,59	86,887.5	85,271	80,328.2	76,512.3	
		1	2	45	.87	4,07	3.68	.48	2.54	0	.70	4	8	18,802.24
Flujo de caja para incertidumbres asociadas al VAN		\$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		5,464,018	32,04	193,2	546,39	546,34	546,34	546,36	546,33	546,369.	546,38	546,392.	546,394.	546,459.35
	Flujo de caja	,221.29	2	45	8.345	5.460	6.623	8,313	5.015	376	3.608	429	407	9
	Preproducción ajuste	0.75	0	0.75	1.75	2.75	3.75	4.75	5.75	6.75	7.75	8.75	9.75	10.75
	Tasa de descuento	8%	1.000	0.944	0.874	0.809	0.749	0.694	0.642	0.595	0.551	0.510	0.472	0.437



	Periodo	Total	-1	-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VAN de precios de metales			-	-										
	VAN (antes de impuestos)	\$ 378,786	32,04	182,4	65,001	91.290	81,786	61,067	78,062	51,698.0	46,984	40,967.4	36,113.8	8,216.58
VAN de incertidumbres		\$-	-	-	477,55	441.99	409,21	379,17	350,74	-	301,05	-	-	-
	VAN (antes de impuestos)	1,932,199	32,04	182,4	2,153.	3.477,	3,620.	9,608.	7,079.	325,089,	7,368.	278,660,	257,898,	238,802,73
	TIR (antes de impuestos)	28%	2.00	23.28	64	08	87	89	92	778.42	17	138.67	159.92	9.78
Impuestos	Impuesto estatal y sobre nómina pagado (10% al estado y 3% trabajadores)				8,450.	11,867	10,632	7,938.	10,148		6,108.			
			25	.81	.19	77	.11	6,720.75	01	5,325.76	4,694.80	1,068.16		
Impuestos	Impuesto corporativo estándar (18%)				11,700	16,432	14,721	10,992	14,051		8,457.			
			.34	.35	.49	.15	.23	9,305.65	25	7,374.13	6,500.49	1,478.98		

	Periodo	Total	-1	-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo de caja para metales	Flujo de caja financiero		\$	\$										
	después de impuesto	\$ 172,755.33	32,042.00	182,423.28	44,851.30	62,990.69	56,432.38	42,136.56	53,863.06	35,671.66	32,419.45	28,267.51	24,918.55	\$ 5,669.44
	Flujo de caja para incertidumbres asociadas al VAN	\$ -5,464,827.244.67	-32,042.00	-182,423.28	-546,455.149	-546,437.009	-546,443.568	-546,457.863	-546,446.137	-546,464.328	-546,467.581	-546,471.732	-546,475.081	-546,494.331
	Preproducción ajuste	0.75	0	0.75	1.75	2.75	3.75	4.75	5.75	6.75	7.75	8.75	9.75	10.75
Tasa de descuento	8%	1.000	0.944	0.874	0.809	0.749	0.694	0.642	0.595	0.551	0.510	0.472	0.437	
VAN de precios de metales	VAN (después de impuestos)	\$ 221,616	32,042.00	172,207.58	39,200.04	50,959.47	42,267.86	29,242.77	34,580.09	21,224.64	17,863.12	14,416.43	11,761.56	2,477.54



# “Evaluando la sensibilidad económica del proyecto minero El Domo – Curipamba, Las Naves”

## PROBLEMA

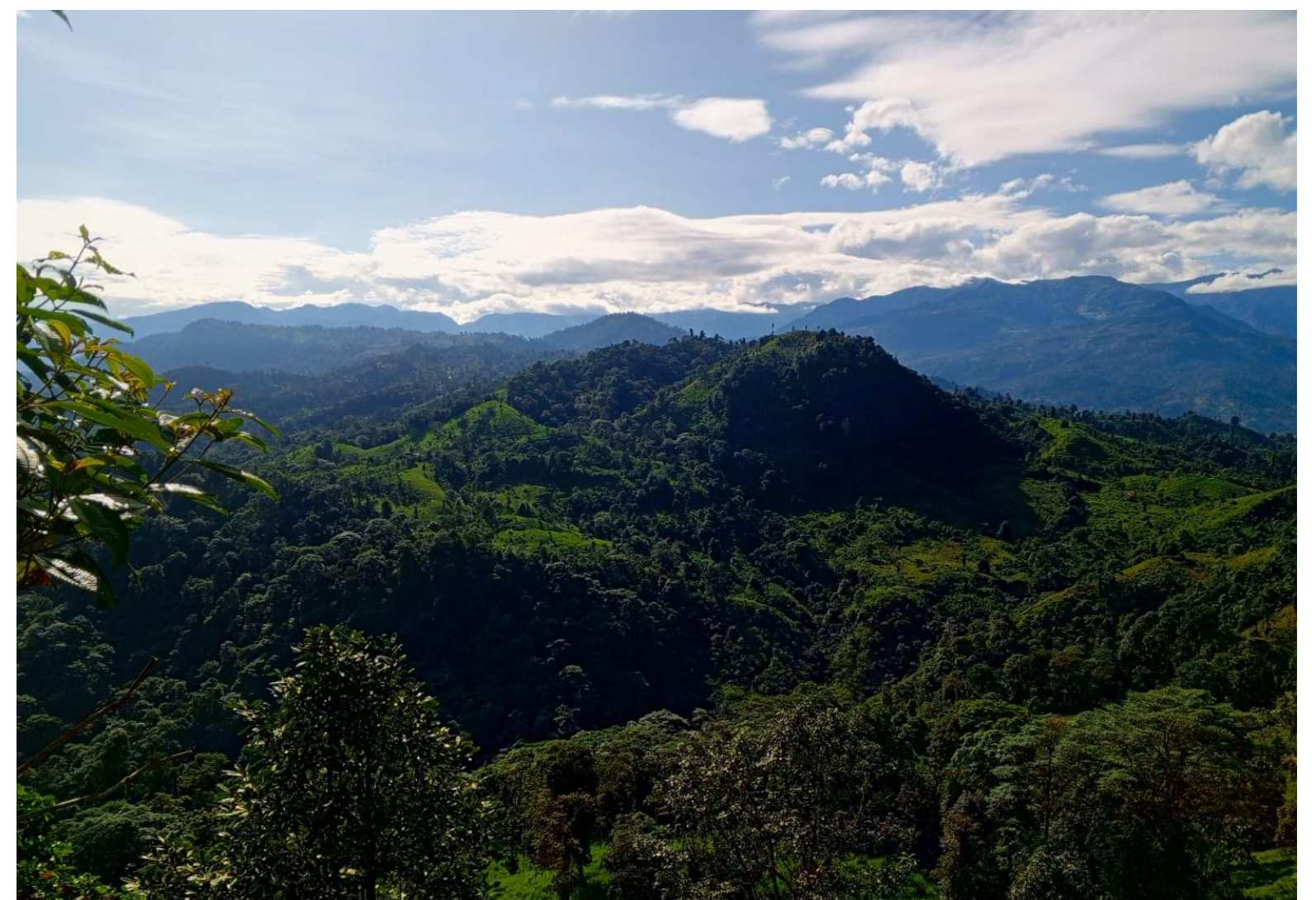
Los proyectos mineros que se encuentran en la fase de factibilidad están expuestos a una variedad de riesgos, como fluctuaciones de los precios de los minerales, cambios en los costos de operación, incertidumbres técnicas, políticas de Estado e inversionistas y desafíos socio ambientales.

## OBJETIVO GENERAL

Evaluar la rentabilidad y viabilidad del Proyecto Minero El Domo – Curipamba, aplicando un análisis probabilístico con el software @risk para la toma de decisiones en la empresa minera CURIMINING S.A.

## PROPUESTA

- Se analizó la sensibilidad económica del Proyecto Minero El Domo – Curipamba, empleando el método de Monte Carlo con el uso del software @risk. Se calculó el VAN y TIR antes y después de impuestos, con diferentes escenarios de las variables independientes como; el precio de los metales, riesgos e incertidumbres, CAPEX y OPEX. Se identificó las variables independientes más críticas que afectan la viabilidad económica del proyecto; información fundamental para la toma de decisiones de inversión.



Proyecto Minero El Domo – Curipamba, Las Naves

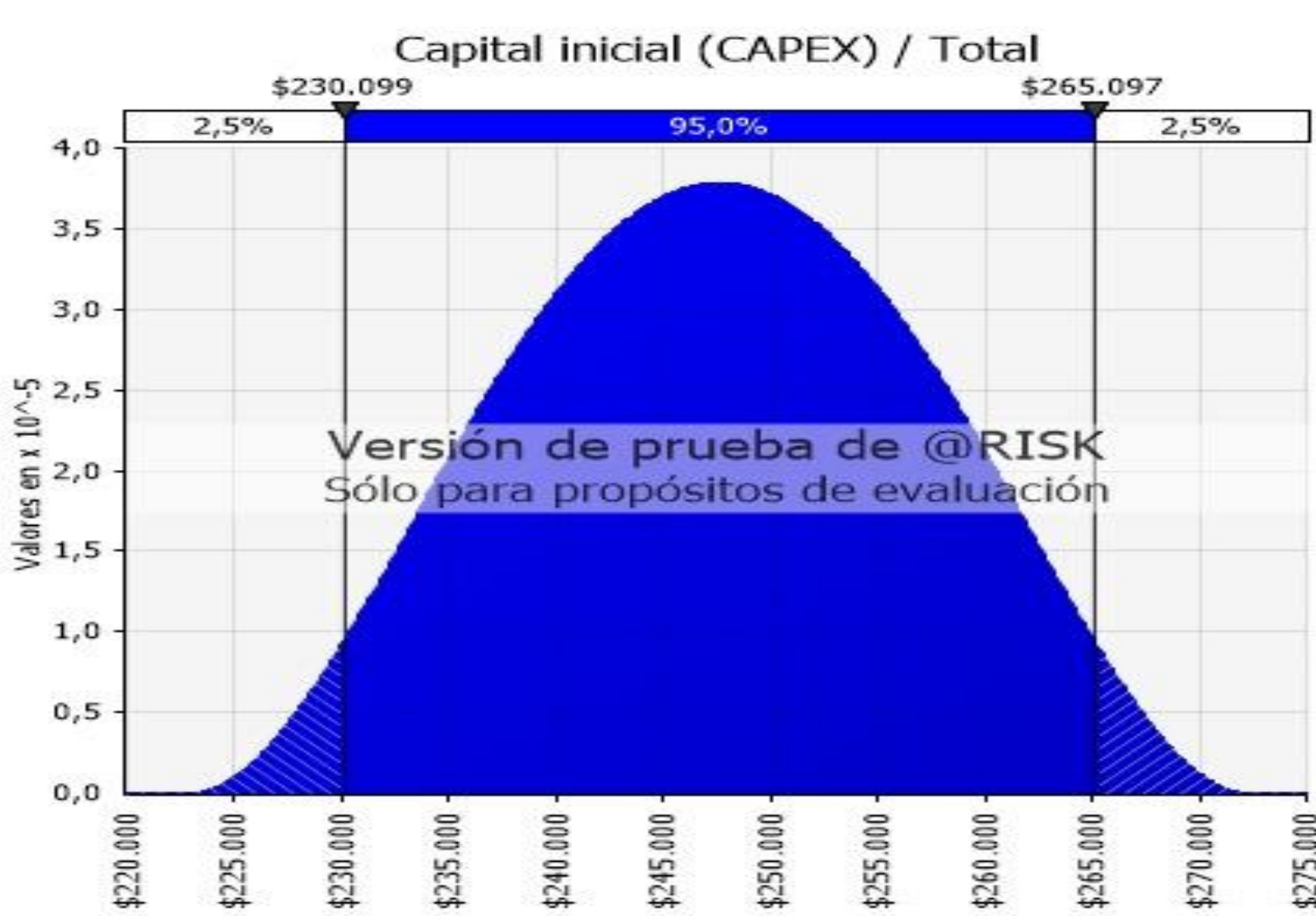


Gráfico 1. Distribución Pert aplicada para variables independientes como precio del Zn, CAPEX, OPEX.

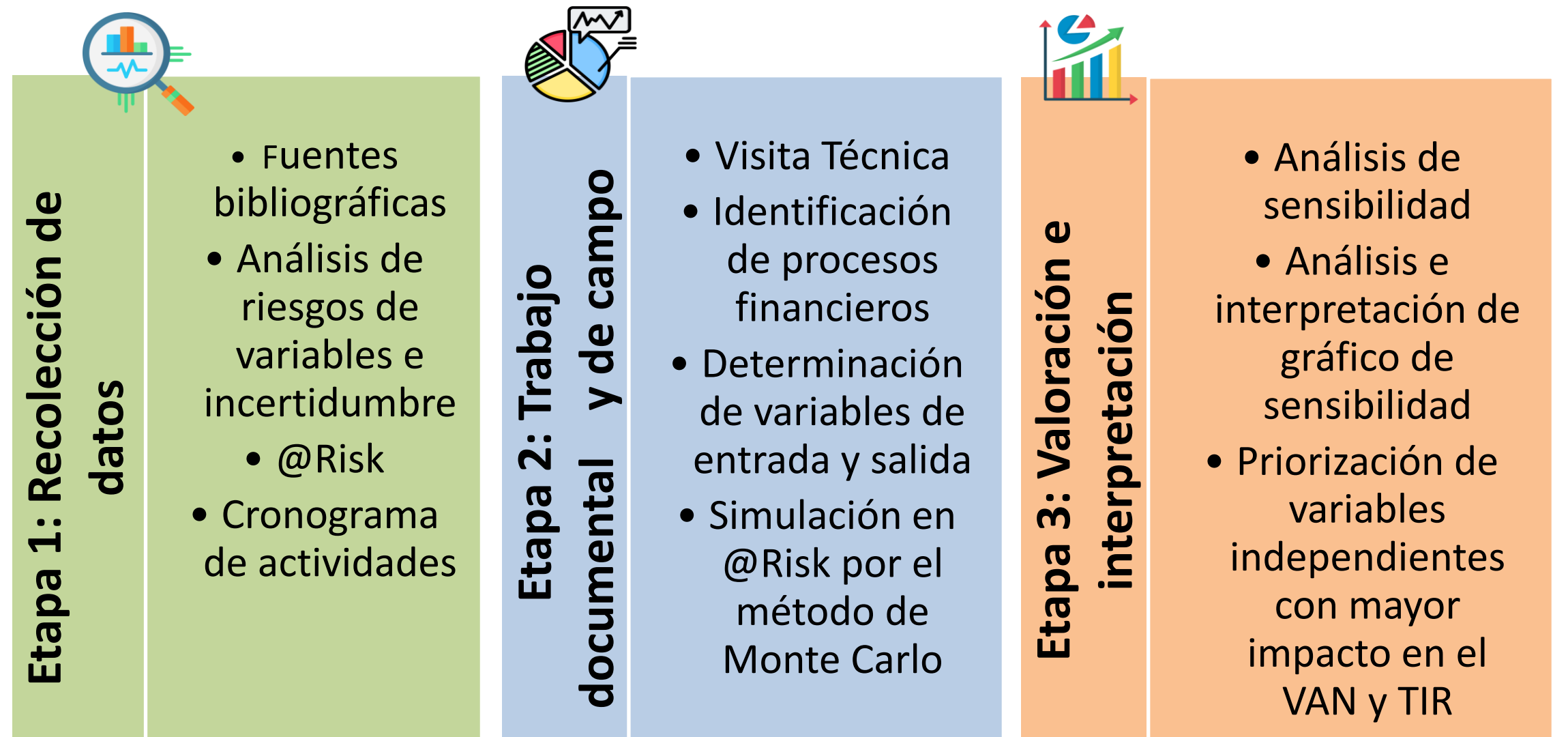


Gráfico 2. Metodología aplicada para el análisis de variables independientes, riesgos e incertidumbres que afectan al VAN y TIR del proyecto.

## RESULTADOS

Tabla 1. Resultados del análisis de VAN y TIR antes y después de impuestos, considerando los precios de metales Au, Ag, Cu, Zn y Pb, CAPEX y OPEX.

Parámetro	VAN antes de impuestos (USD)	TIR antes de impuestos (%)	VAN después de impuestos (USD)	TIR después de impuestos (%)
Mínimo	216.366,44	8,67%	134.685,04	-7,98%
Máximo	522.532,81	44,07%	297.550,53	17,94%
Media	378.786,16	27,53%	221.615,59	6,53%
IC: 90%	± 823,91	± 0,0996 %	± 427,89	± 0,0725 %
Moda	375.677,58	29,82%	223.563,99	8,05%
Mediana	381.546,24	28,02%	222.679,32	6,95%
Desv. Est.	50.085,60	6,06%	26.011,58	4,41%
Asimetría	-0,1741	-0,2768	-0,1242	-0,3390
Curtosis	2,69	2,76	2,71	2,78

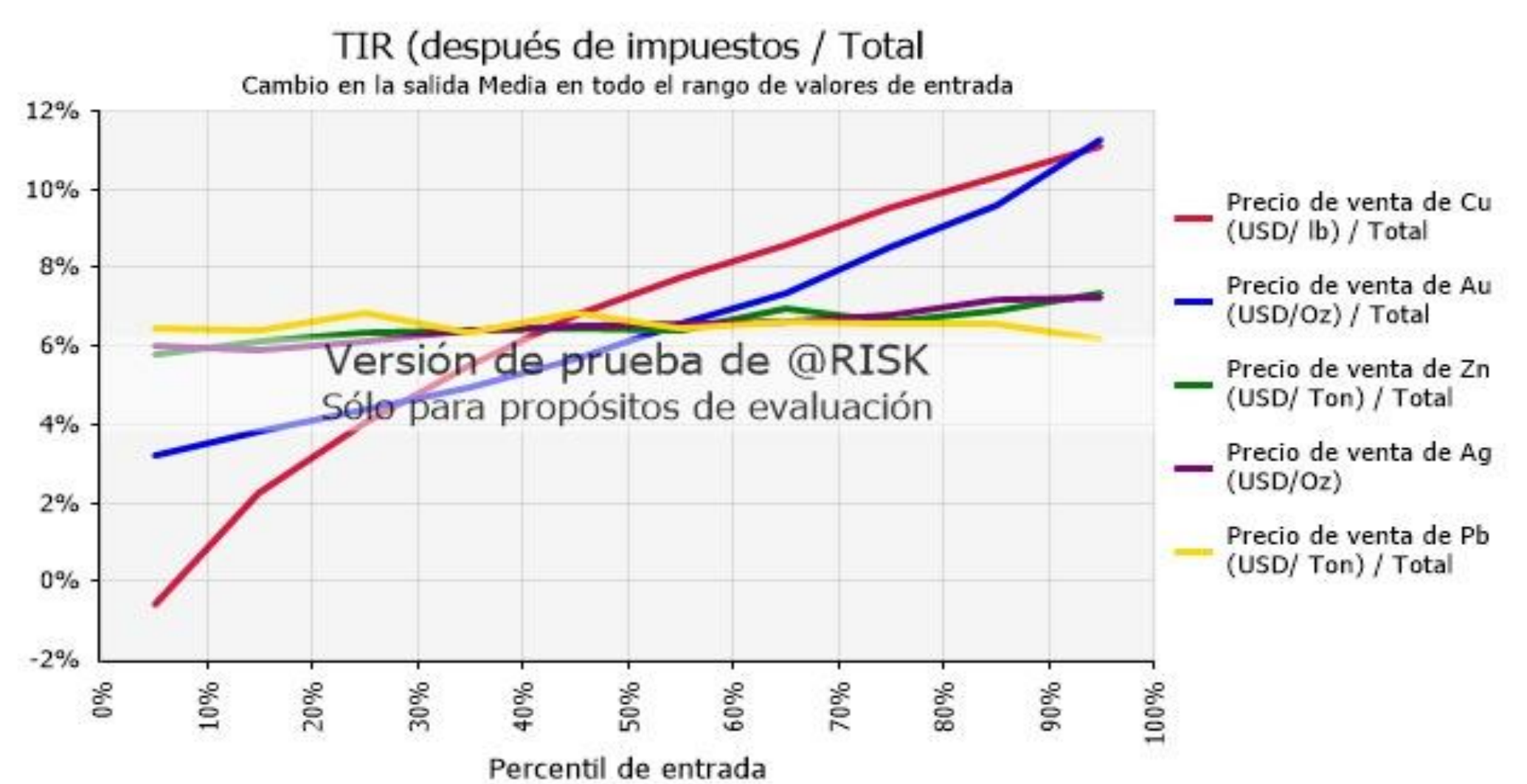


Gráfico 3. Resultados de gráfico de araña del análisis de TIR y después de impuestos, considerando los precios de metales Au, Ag, Cu, Zn y Pb, CAPEX y OPEX.

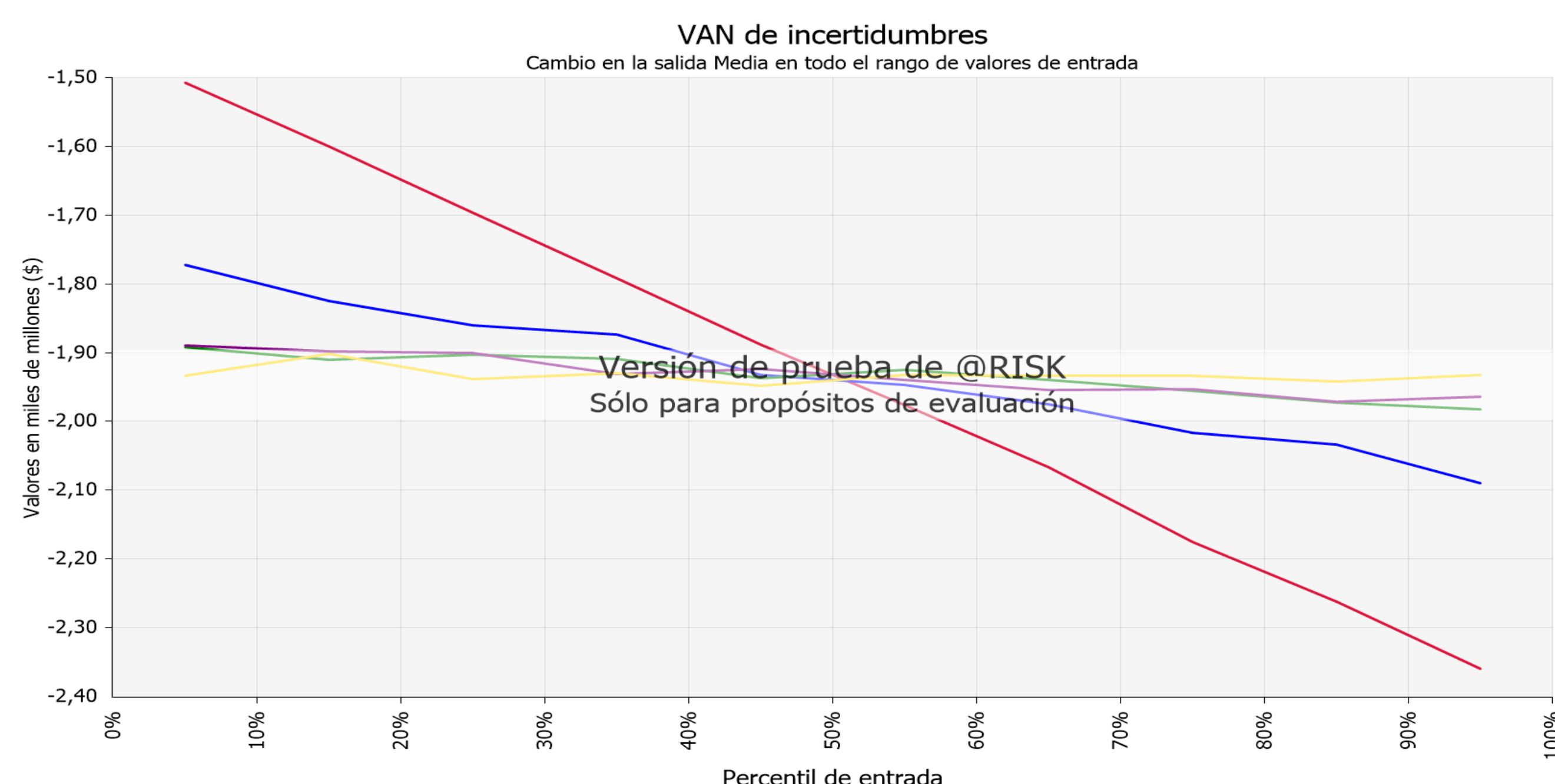


Gráfico 4. Resultados de gráfico de araña del análisis del VAN después de impuestos, considerando todas las variables de entrada independientes: Precios de los metales Au, Ag, Cu, Zn y Pb, riesgos e incertidumbres, CAPEX y OPEX.

## CONCLUSIONES

- La evaluación económica del proyecto minero El Domo-Curipamba ha permitido identificar las variables independientes críticas que influyen directamente en el modelo económico estocástico, reflejándose en el VAN y TIR tanto antes como después de impuestos.
- Los resultados obtenidos, derivados de la variación de estas variables, proporcionan una base sólida para la toma de decisiones económicas, considerando diferentes escenarios de riesgo. En términos financieros, el proyecto muestra un VAN antes de impuestos de \$ 378.786, que se reduce a \$ 221.616 después de impuestos, lo que implica que los impuestos representan un 58,51 % del valor total. En cuanto a la TIR, se observa una disminución del 28 % antes de impuestos al 7 % después de impuestos.
- Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar el impacto fiscal en la evaluación de la viabilidad económica del proyecto, permitiendo ajustar las estrategias para maximizar la rentabilidad en diferentes contextos.