

Escuela de Postgrado GĚRENS

Maestría en Gestión Minera

MGM- Promoción X 2021

**Clasificación de minerales para convertir el mineral marginal en económico
y mejorar el valor en Compañía Minera Poderosa S.A.**

Trabajo de investigación presentado de acuerdo a los reglamentos de la Escuela de Postgrado GĚRENS para obtener el grado de Maestro/ Magíster en Gestión Minera, por:

Nombres, Apellidos y Firma de los miembros del equipo

Javier Lucar Marrou

Erik Colana Nina

Gustavo Ramírez Mariluz

Wendell Portugal Fernández

JAVIER HUMBERTO
LUCAR MARROU
INGENIERO DE MINAS
Reg. CIP N° 178528



Asesor: Ing. Fernando Gala

Lima, 30 de setiembre de 2023

Este trabajo está dedicado a nuestra familia

Javier Lucar Marrou

Erik Colana Nina

Gustavo Ramírez Mariluz

Wendell Portugal Fernández

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Fernando Gala, por su orientación y dedicación para que este trabajo cumpla con los objetivos trazados.

A nuestros colegas y amigos del programa de maestría 2021 por sus observaciones y porque en todo momento nos incentivaron para que se culmine este trabajo.

A los profesores de la Escuela de Postgrado GĚRENS, principalmente al profesor Max Schwarz por sus observaciones teóricas que nos sirvieron de mucho.

A todas aquellas personas que indirectamente nos ayudaron para culminar este trabajo y que muchas veces constituyen un invaluable apoyo.

Resumen Ejecutivo

En el presente trabajo se analiza la viabilidad y rentabilidad económica del proyecto de clasificación de minerales (ore sorting) para Compañía Minera Poderosa S.A. (en adelante PODEROSA). PODEROSA extrae mineral de sus concesiones mineras, y parte de este mineral es considerado económico y procesado en sus plantas de beneficio, mientras que el resto, conocido como mineral de baja ley, no cubre los costos de producción y se dispone en desmonteras.

El objetivo es utilizar un sistema de clasificación de minerales para convertir una parte del mineral de baja ley en mineral económico (aproximadamente el 52% se recupera), lo cual generaría valor para la empresa. Para evaluar la factibilidad técnica-económica del proyecto, se emplea la metodología de proyectos y se realizan pruebas de laboratorio.

Los resultados de las pruebas de laboratorio demuestran que el equipo de clasificación de minerales (ore sorter) funciona correctamente con el material extraído de la mina, incrementando la ley del mineral de 3 a 4 veces la ley de ingreso. Una vez identificado este beneficio, se realiza una evaluación económica del proyecto aplicando dos escenarios: el primero considera las condiciones actuales, y el segundo incorpora la mejora proporcionada por el equipo de clasificación. El flujo de caja diferencial entre ambos escenarios revela que la implementación de la mejora resultaría en un Valor Actual Neto (VAN) de 9,477 mil US\$ y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 66%, lo que indica que el proyecto es económicamente viable.

Además, se llevaron a cabo simulaciones en Excel y @risk para analizar diferentes escenarios a los que el proyecto podría enfrentarse, cambiando las variables más sensibles, tales como el precio del oro, el gasto de capital (CAPEX) y la ley del material marginal al ingreso del equipo.

Abstract

This paper analyzes the feasibility and economic profitability of the ore sorting project for Compañía Minera Poderosa S.A. (hereinafter PODEROSA).

PODEROSA extracts ore from its mining concessions, and part of this ore is considered economic and processed in its beneficiation plants, while the rest, known as low-grade ore, does not cover production costs and is disposed of in waste rock dumps.

The objective is to use a mineral classification system to convert a portion of the low-grade ore into economic ore (approximately 52% is recovered), which would generate value for the company. To evaluate the technical-economic feasibility of the project, the project methodology is used, and laboratory tests are carried out.

The results of the laboratory tests show that the ore sorting equipment (ore sorter) works correctly with the material extracted from the mine, increasing the ore grade from 3 to 4 times the entry grade. Once this benefit is identified, an economic evaluation of the project is carried out by applying two scenarios: the first one considers the current conditions, and the second one incorporates the improvement provided by the sorting equipment. The differential cash flow between the two scenarios reveals that the implementation of the upgrade would result in a Net Present Value (NPV) of US\$9,477 thousand and an Internal Rate of Return (IRR) of 66%, indicating that the project is economically viable.

In addition, simulations were carried out in Excel and @risk to analyze different scenarios that the project could face, changing the most sensitive variables, such as gold price, capital expenditure (CAPEX) and marginal material grade at equipment entry.

Clasificación de minerales para convertir el mineral marginal en económico y mejorar el valor en Compañía Minera Poderosa S.A.

*Por Javier, Erick, Gustavo, Wendell Lucar Marrou, Colana Nina, Ramírez Mariluz,
Portugal Fernández*

Clasificación de minerales para convertir el mineral marginal en económico y mejorar el valor en Compañía Minera Poderosa S.A.

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsa.edu.pe Internet	158 palabras — 1%
2	repositorio.gerens.edu.pe Internet	105 palabras — 1%
3	Avila Rojas, Efrain Nofre Cruzate Cabanillas, Luis Enrique Villalobos Burgos, Cesar Giuseppe Zamora Flores et al. "Diagnostico Operativo de la Compania Minera Poderosa S.A", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2021 ProQuest	76 palabras — < 1%
4	repositorioacademico.upc.edu.pe Internet	44 palabras — < 1%
5	doku.pub Internet	40 palabras — < 1%
6	repositorio.utc.edu.ec Internet	36 palabras — < 1%
7	docplayer.es Internet	30 palabras — < 1%

repositorio.unamba.edu.pe

8

Internet

28 palabras — < 1%

9

Ganoza, Hans Albert Barroso | Casas, Elvis
Aldo Quispe | Velasco, Dante AdolfoRamirez | Llanos, Elizabeth Jackeline Trauco. "Planeamiento
Estrategico Para La Compania Minera Poderosa S.A.", Pontificia
Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2021

ProQuest

26 palabras — < 1%

10

www.cacic2016.unsl.edu.ar

Internet

25 palabras — < 1%

11

idoc.pub

Internet

22 palabras — < 1%

12

hdl.handle.net

Internet

21 palabras — < 1%

13

es.scribd.com

Internet

20 palabras — < 1%

14

qdoc.tips

Internet

20 palabras — < 1%

15

repositorio.bicu.edu.ni

Internet

19 palabras — < 1%

16

www.dropbox.com

Internet

19 palabras — < 1%

17

repositorio.ucsm.edu.pe

Internet

18 palabras — < 1%

18

www.icesi.edu.co

Internet

18 palabras — < 1%

19 cybertesis.uni.edu.pe
Internet

17 palabras — < 1%

20 dokumen.pub
Internet

17 palabras — < 1%

21 repositorio.puce.edu.ec
Internet

15 palabras — < 1%

EXCLUIR CITAS

ACTIVADO

EXCLUIR FUENTES

< 15 PALABRAS

EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA

ACTIVADO

EXCLUIR COINCIDENCIAS

DESACTIVADO

ÍNDICE

Resumen Ejecutivo	v
Abstract	vi
ÍNDICE	vii
Lista de figuras	ix
Lista de tablas	x
Capítulo 1: Introducción	1
Capítulo 2: Marco conceptual	2
2.1 Hipótesis de la investigación y Objetivos del trabajo de investigación	2
2.1.1 Hipótesis	2
2.1.2 Objetivo principal	2
2.1.3 Objetivos secundarios	2
2.2 Análisis del problema y soluciones	3
2.2.1 Descripción del problema	3
2.2.2 Delimitación del problema	3
2.2.3 Justificación del problema	4
2.2.4 Solución planteada	5
2.3 Marco teórico	7
2.3.1 Estado del arte	7
2.4 Componentes y teorías del proyecto	8
2.4.1 Componentes	8
2.4.2 Teorías	12
Capítulo 3: Metodología de la Investigación	17
3.1 Metodología de proyectos	19
3.2 Recolección de datos	21
3.3 Evaluación del proyecto	23
3.3.1 Información preliminar	23
3.3.2 Plan de producción	24
3.3.3 Cálculo de la inversión (CAPEX)	28
3.3.4 Cálculo del costo de operación (OPEX)	31
3.3.5 Recuperación metalúrgica del proyecto	34

3.3.6 Cálculo del costo promedio ponderado de capital (WACC) de
PODEROSA 39

Capítulo 4:Resultados 42

4.1 Escenario 1: situación sin clasificación de minerales (ore sorting) 42

4.2 Escenario 2: situación con clasificación de minerales (ore sorting) 45

4.3 Flujo de caja diferencial 47

4.4 Simulaciones y riesgos del proyecto 49

4.5 Riesgos asociados al proyecto 54

Capítulo 5:Conclusiones y recomendaciones 58

Referencias Bibliográfica 61

Anexos 64

Lista de figuras

Ilustración 1. Diagrama de flujo de clasificación de mineral	6
Ilustración 2. <i>Técnicas e instrumentos de colección de datos</i>	22
Ilustración 3. <i>Diagrama de flujo del mineral marginal</i>	27
Ilustración 4. <i>Curva de extracción de sólido mineral</i>	37
Ilustración 5. <i>Análisis de sensibilidad</i>	50
Ilustración 6. <i>Proyección 2021-2025</i>	52
Ilustración 7. <i>Resultados @Risk - VAN</i>	53
Ilustración 8. <i>Resultados @Risk - TIR</i>	54
Ilustración 9. <i>Gráfico impacto vs probabilidad</i>	57
<i>Ilustración 10. Distribución de masa y ley</i>	69
<i>Ilustración 11. Resultado pruebas de -30+10 mm</i>	71
<i>Ilustración 12. Resultado pruebas de -90+10 mm</i>	72

Lista de tablas

<i>Tabla 1</i> Plan de producción anual.....	24
<i>Tabla 2</i> Costo de inversión del proyecto - CAPEX.....	30
<i>Tabla 3</i> Costo de operación del proyecto - OPEX.....	32
<i>Tabla 4</i> Costo de operación sin clasificación de minerales (ore sorting).....	33
<i>Tabla 5</i> Costo de operación con clasificación de minerales (ore sorting).....	34
<i>Tabla 6</i> Cálculo del WACC de PODEROSA.....	40
<i>Tabla 7</i> Riesgo de mercado	41
<i>Tabla 8</i> Beta en la industria.....	41
<i>Tabla 9</i> Flujo de caja descontado sin clasificación de minerales (ore sorting)	44
<i>Tabla 10</i> Flujo de caja descontado con clasificación de minerales (ore sorting) ...	46
<i>Tabla 11</i> Flujo de caja diferencial.....	48
<i>Tabla 12</i> Análisis de sensibilidad	50
<i>Tabla 13</i> Ley de corte -2021.....	64
<i>Tabla 14</i> Costo de mina	65
<i>Tabla 15</i> Producción material marginal	67
<i>Tabla 16</i> Análisis granulométrico de material marginal	69
<i>Tabla 17</i> Contingencias del proyecto	78
<i>Tabla 18</i> Costo de operación sin clasificación de minerales (ore sorting).....	79
<i>Tabla 19</i> Costo de operación con clasificación de minerales (ore sorting).....	80

Capítulo 1: Introducción

Compañía Minera Poderosa S.A. (en adelante PODEROSA) en su unidad de producción de Santa María, ubicada en la zona sur de su unidad minera, viene explotando un yacimiento mineral de oro mediante métodos convencionales y semi-mecanizados.

PODEROSA cuenta con mineral económico que está principalmente en sulfuros, en vetas continuas, sin embargo, también existe presencia de zonas con mineral irregular y no continuo denominado mineral marginal, debido al propio yacimiento, este tipo de mineral se desecha a la desmontera al tener baja ley, aproximadamente menor a 5 g/t, el cual no cubre el cut off de la empresa (ver Anexo 1).

PODEROSA tiene dos plantas de beneficio, Santa María I y Marañón, con una capacidad de tratamiento combinada autorizada de 1,800 TMD.

Capítulo 2: Marco conceptual

2.1 Hipótesis de la investigación y Objetivos del trabajo de investigación

2.1.1 Hipótesis

Si se implementa un sistema de clasificación de minerales (ore sorting), se generará valor para la empresa, siempre y cuando el proyecto sea viable y se logre recuperar mineral marginal y convertirlo en mineral económico.

2.1.2 Objetivo principal

Determinar la viabilidad económica del proyecto de clasificación de minerales (ore sorting) y su aplicación, para convertir el mineral marginal extraído de la unidad de producción Santa María en mineral económico y mejorar el valor de la empresa.

2.1.3 Objetivos secundarios

Utilizar el mineral recuperado para:

- a) Cubrir posibles déficits de producción de mina.
- b) Completar el mineral faltante enviado a las plantas de beneficio y optimizar la capacidad de tratamiento diaria autorizada.
- c) El mineral excedente para acumularlo en stock ante cualquier eventualidad.

2.2 Análisis del problema y soluciones

2.2.1 Descripción del problema

El mineral de baja ley, que llamamos mineral marginal, se desecha al no cubrir los costos de producción al estar por debajo del cut off, al desechar este mineral como desmonte ocasiona que se pierda valor. Este mineral marginal podría ser recuperado generando alguna rentabilidad en determinadas condiciones, por ahora se pierde y esta pérdida genera altos costos de desechos.

El problema del mineral marginal en PODEROSA es un problema complejo que genera pérdidas de valor a la compañía, que tiene como consecuencia impactos en la poca vida útil de la desmontera, costos de extracción elevados, dependiendo del lugar a extraer, el costo de extracción representa alrededor del 8% al 10% del costo de mina (ver Anexo 2). El costo de mina depende de diversos factores como el nivel de granulometría, el volumen a extraer, la ley con que se extrae, tipo de mineralización y la densidad del material, capacidad de chancado, costos de minado, procesamiento y gastos generales, costos operativos y la recuperación de la planta de procesamiento.

2.2.2 Delimitación del problema

La presente investigación está delimitada exclusivamente a la empresa minera PODEROSA en su unidad de producción Santa María, ubicada en la provincia y distrito de Pataz en el departamento de La Libertad a casi 320 km de la ciudad de Trujillo, a una altura que va entre los 1,250 y 3,000 msnm. PODEROSA es una empresa principalmente productora de oro contenido en minerales en presencia de sulfuros.

Este estudio se desarrollará en minerales marginales contenidos en sulfuros, por lo que excluimos a los minerales contenidos en cuarzo al tener leyes mínimas no recuperables a una ley económica. Además, la presente investigación no contempla el material acumulado en la desmontera a lo largo de los años, solo el mineral que se extrae de mina.

Por último, el presente estudio no contempla el impacto del tipo de mineralización en la conversión del mineral de baja ley en económico, por ser una variable que los investigadores no controlan.

2.2.3 Justificación del problema

PODEROSA actualmente aporta mineral de las labores de explotación y avances a su planta de beneficio en la unidad de producción de Santa María, el desmonte generado es transportado hacia su botadero, este desmonte contiene mineral marginal de baja ley, aproximadamente menor a 5 g/t que no cubre los costos de producción. Recuperar este mineral marginal incrementaría el valor del mineral que aporta a la empresa por cada tonelada que se trate con el sistema de clasificación de minerales (ore sorting).

Al recuperar este mineral que actualmente se envía como desmonte, aumentando su ley a una económica, podrá ser llevado a las plantas de beneficio con lo cual se incrementarán las reservas, lo que a su vez incrementará la vida útil de mina. Todo esto se traduce en un aumento de aproximadamente 29,242 onzas de oro anuales (ver Anexo 3).

Cabe señalar que en la zona de operación de PODEROSA hay presencia de mineros informales (que no tienen ningún contrato con la empresa), los cuales conectan labores de la empresa, extrayendo mineral que ya ha sido cubicado

y forma parte de las reservas minerales de la empresa. Este mineral marginal recuperado se podrá utilizar para cubrir posibles déficits de producción de mina, completar el mineral faltante enviado a las plantas de beneficio y cubrir la capacidad de tratamiento diaria autorizada. Asimismo, el mineral excedente podrá ser acumulado en stock ante cualquier eventualidad (justificación económica).

Al recuperar el mineral marginal tendremos mayores ingresos por ventas lo que llevará a una mayor tributación al Estado (justificación social).

Además, al llevar menor cantidad de desmonte a los botaderos permitirá tener mayor vida útil de los depósitos de desmonte y por lo tanto un menor costo de cierre (justificación ambiental).

2.2.4 Solución planteada

La solución planteada tiene que ver con la aplicación de un sistema de clasificación de minerales y responde a la siguiente pregunta:

¿Cómo convertir el mineral marginal de la unidad de producción Santa María de PODEROSA en mineral económico, a partir de la aplicación de la clasificación de minerales (ore sorting)?

El mineral de baja ley o marginal, que actualmente, se desecha como desmonte en su totalidad, pasará por el sistema de ore sorting para recuperar una parte, convirtiéndolo en mineral económico, ingresándolo al proceso de producción y procesándolo en las dos plantas de beneficio de la empresa. En el siguiente diagrama de flujo se explica el proceso de utilización del ore sorter.

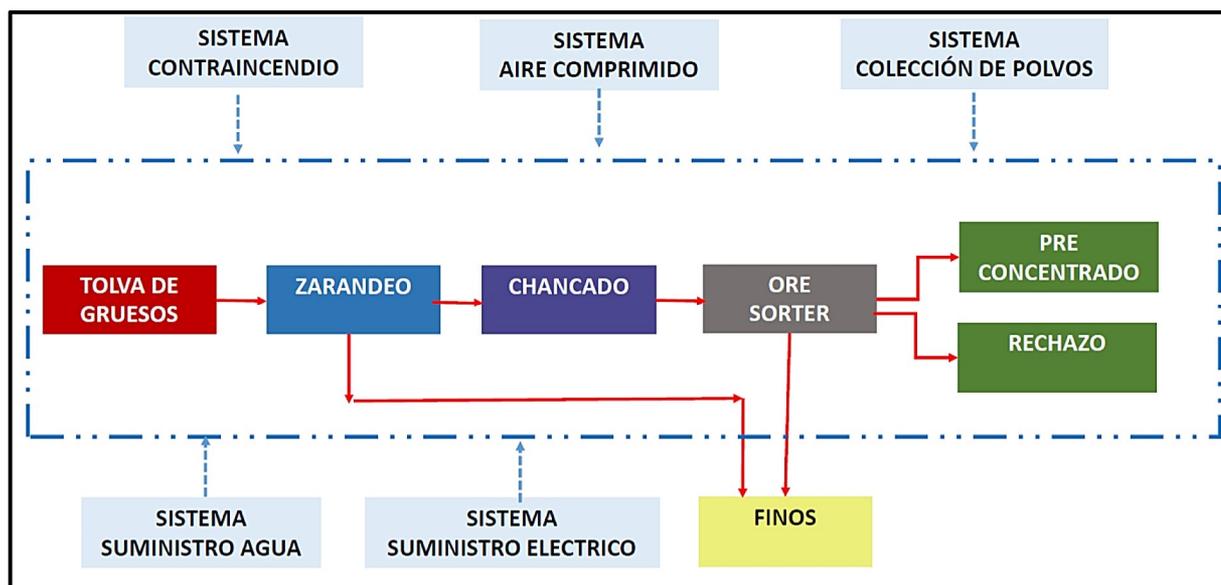


Ilustración 1. Diagrama de flujo de clasificación de mineral

Fuente: Proveedor

PODEROSA por política interna tiene una vida útil de mina (LOM) de tres años, es decir, se consideran reservas minerales para tres años; se ha diseñado así por un tema de manejo financiero interno, en donde, la depreciación de activos tangibles y la amortización de activos intangibles se calcula en función a ese período de tiempo y no en función a la vida útil del activo del que se trate.

Se analizarán dos escenarios; Escenario 1: Proyecto sin ore sorting; Escenario 2: Proyecto con ore sorting, para lo cual se elaborarán flujos de caja descontados (FCD) para ambos escenarios en períodos trimestrales para contar con doce (12) períodos por cada FCD, teniendo en cuenta el LOM de tres años de la mina; se hallará el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) para ambos escenarios, así como el flujo de caja diferencial y se realizará análisis de sensibilidad y riesgo para determinar los valores que más impactan en el proyecto.

2.3 Marco teórico

2.3.1 Estado del arte

La investigación de Reple et al. (2020) propone una metodología de cálculo que determina las combinaciones de leyes de corte (cut off) utilizando geoestadística para maximizar el rendimiento financiero de los proyectos brownfield y greenfield aplicando el ore sorting en minerales de oro y cobre, lo mismo que aplica Li et al. (2020) pero con la diferencia que lo utiliza para minerales abandonados al no ser económico, ya que los costos de extracción son muy altos, lo interesante de este artículo es la aplicación de regresión lineal donde correlacionan linealmente las leyes con los rayos XRF del equipo ore sorting.

La investigación de Gülcan (2020) aplica la tecnología de ore sorting con el sensor de rayos X para diferentes tipos de materiales, entre granulometría y leyes para descubrir cómo se comporta el material en los diferentes rendimientos de clasificación. En cambio, la investigación de Li, Klein, He, et al. (2021) adiciona el método de explotación usado en la mina, para su estudio el mineral a extraer con el método de hundimiento de bloques es cuprífero, utilizando estadística determinaron la recuperación y valor del concentrado. Li, Klein, Sun, et al. (2021) también aplicó la metodología de ore sorting para métodos de minado de hundimiento de bloques para encontrar el potencial de clasificación del mineral para determinar la variabilidad de leyes y mejorar en la economía de la mina. En cambio, la investigación de Cardenas-Vera et al. (2022) aplica la tecnología ore sorter de acuerdo a la conminución selectiva para la pre concentración de minerales no metálicos.

Una investigación de una mina peruana es la de Robben et al. (2020) donde aplicaron la clasificación de mineral con rayos X en la mina San Rafael, donde

lograron dar valor agregado al material de sus desmonteras, incrementar la productividad de planta, reducción de ley de corte y aumento de reservas, y reducción de impactos ambientales; los dos últimos objetivos es lo que buscamos en la presente investigación. En cambio, la investigación de Lessard et al. (2016) lograba encontrar el mismo valor agregado, pero para mineral de mina (ROM), donde estudiaron varios escenarios para encontrar el óptimo donde se obtenga el máximo impacto económico. La investigación de Lessard et al. (2014) aborda la aplicación de clasificación de minerales para encontrar un importante ahorro en energía al reducir el tiempo de trituración debido que es el mayor consumidor de energía durante el procesamiento.

En base a la revisión bibliográfica hemos encontrado que las variables que más impactan en los proyectos de aplicación de ore sorter son: leyes, costos, granulometría, tipo de material, cantidad de material, entre otros.

Se ha encontrado en la revisión de literatura que, para la aplicación del ore sorter, siempre se busca maximizar el rendimiento financiero utilizando diferentes métodos aplicativos para lograrlo.

2.4 Componentes y teorías del proyecto

2.4.1 Componentes

Ore Sorting

La clasificación de mineral, también conocida como “ore sorting” en inglés, es el proceso de concentración de minerales en el que las partículas de minerales individuales se separan del material no deseado en función de alguna propiedad física o química. El objetivo principal de este proceso es aumentar la eficiencia y rentabilidad de los materiales de baja ley.

La clasificación de minerales se remonta a tiempos antiguos según Manouchehri et al. (1999), cuando se realizaba de manera manual seleccionando los materiales de alto grado de una masa de minerales o piedras extraídos. Este proceso manual sigue siendo utilizado en la actualidad como el método de concentración más simple, directo y efectivo, es lo que se conoce como “pallaqueo”. Sin embargo, la clasificación de minerales basada en sensores está ganando cada vez más relevancia tanto dentro como fuera de la industria minera.

Para permitir la pre concentración en tamaños de partícula relativamente grandes, es obviamente necesario que los elementos valiosos estén ocurriendo en una forma más concentrada que las partículas que se van a eliminar. Una vez que se ha establecido que puede haber condiciones geológicas y mineralógicas adecuadas para la clasificación de minerales, se hacen pruebas simples con algunas piezas representativas de residuos (estériles) y mineral de roca, esta prueba verificará si existen diferencias físicas suficientes para permitir la clasificación con las tecnologías actualmente disponibles.

La industria minera necesita reducir los costos de energía en general, particularmente en el chancado. Una forma de hacerlo es reducir la cantidad de roca residual que desperdicia energía al ser triturada y molida. Al rechazar el material sin valor en etapas tempranas de concentración, se tiene un gran beneficio para el medio ambiente, pues se reduce el uso de energía, uso de reactivos y la disposición de relaves es muy inferior a los casos base.

Gallegos (2017, p.8)

El funcionamiento de la clasificación de minerales (ore sorting) se divide en las siguientes actividades:

1. **Alimentación al sorter:** el proceso comienza con la alimentación del material al equipo de clasificación, conocido como “sorter. El material extraído, ya sea de la mina o depósitos, es transportado y alimentado al sorter de manera controlada. El sorter puede estar diseñado de

diferentes formas, como una cinta transportadora o una tolva, dependiendo del equipo y la configuración utilizada.

2. **Generación de rayos X:** una vez que el mineral ingresa al sorter, se somete a un análisis mediante un generador de rayos X. Este generador emite rayos X de alta energía que atraviesan el mineral y generan una señal. Los rayos X interactúan de manera diferente con los minerales de interés y los minerales de baja ley, lo que permite distinguirlos y clasificarlos en base a sus características.
3. **Procesador de la señal:** la señal generada por el generador de rayos X es capturada y procesada por un sistema computarizado. El procesador de la señal analiza los datos recibidos y aplica algoritmos para identificar y diferenciar los minerales de interés de los minerales de baja ley. Esto se logra mediante la detección de las firmas espectrales y las características radiométricas de los minerales presentes en la muestra.
4. **Fuente de aire comprimido:** una vez que el procesador de señal clasifica el mineral, se activa un sistema de aire comprimido para realizar la separación física. El aire comprimido se utiliza para dirigir chorros de aire en puntos específicos del mineral en movimiento, creando una corriente de aire que separa los minerales clasificados.
5. **Productos:** como resultado del proceso de clasificación, se obtienen dos productos principales: el preconcentrado y el desmonte. El preconcentrado consiste en el mineral de interés que ha sido separado y clasificado como de alta ley o económicamente valioso. El desmonte corresponde a los minerales de baja ley que no cumplen con los criterios económicos para ser considerado como preconcentrado.

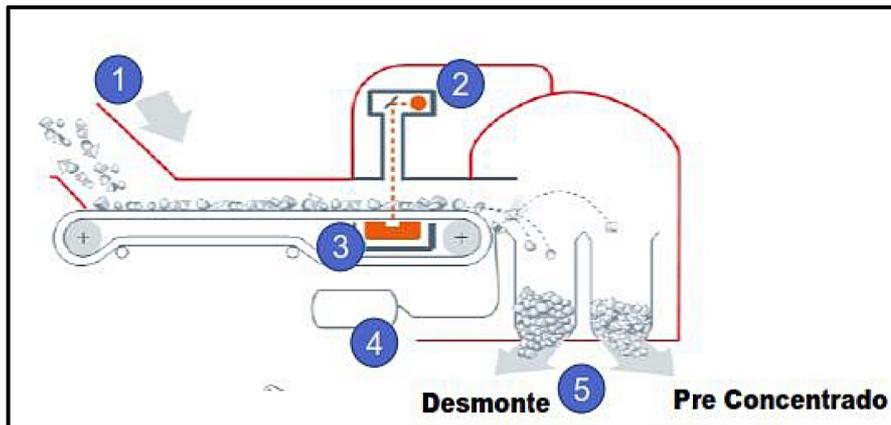


Ilustración 2. Funcionamiento sistema de clasificación de minerales (ore sorting)

Fuente: tomra.com (2022)

Mineral marginal

El término "Mineral Marginal" se utiliza en la industria minera para referirse a un tipo de mineral que se encuentra en una reserva y se considera cercano a ser económicamente explotable en el momento de su descubrimiento. Este mineral no puede generar ganancias por sí solo, pero puede contribuir a generar ganancias cuando se extrae junto con otros minerales de mayor calidad. Además, los costos asociados con el desarrollo de la infraestructura y los servicios necesarios para la extracción de los minerales ya se han cubierto a través de la extracción del mineral de mayor calidad. El Mineral Marginal puede mejorarse fácilmente en términos de parámetros económicos para convertirse en mineral de mayor calidad. De esta forma, se puede mezclar adecuadamente con otros minerales para obtener una ley promedio mayor al Cut-Off de Mena, para lo cual es necesario estimar el Cut-Off correspondiente Arteaga Rodríguez et al. (1991)

2.4.2 Teorías

Teoría del flujo de caja descontado

El flujo de caja descontado (FCD) es una técnica que se utiliza para establecer el valor presente de un activo, proyecto, inversión o empresa, teniendo como base el dinero que puede generar en el futuro; este método fue introducido por los premios Nobel Modigliani y Miller en 1961.

El método del flujo de caja descontado es una técnica fundamental en la evaluación financiera de proyectos. Esta técnica implica estimar los flujos de efectivo que se espera generar a lo largo de la vida útil del proyecto y luego descontar esos flujos de efectivo utilizando una tasa de descuento apropiada. La estimación de los flujos de efectivo futuros es un aspecto crítico de la evaluación financiera de proyectos. Los flujos de efectivo deben ser estimados de forma realista y considerando todos los factores que puedan afectar su generación. Por otro lado, la tasa de descuento utilizada para descontar los flujos de efectivo futuros debe reflejar el costo de capital de la empresa, es decir, la tasa de retorno que los inversionistas esperan recibir por invertir en el proyecto.

En la presente investigación hemos utilizado el flujo de caja neto (operacional) antes que el flujo de caja libre porque consideramos que el valor de una empresa se determina después de impuestos.

“El flujo de caja libre FCL, Free Cash Flow FCF, o flujo de caja económico, registra ingresos y egresos de efectivo de proyectos de inversión, en los cuales se ignora la estructura de financiamiento. Supone que, si estos proyectos son viables económicamente, serán financiados conjuntamente por los accionistas o promotores y adicionalmente por terceros. Por tanto, esos flujos de caja futuros serán descontados al presente con el Weighted Average Cost of Capital WACC” (Valdez, s. f.).

Tasa de descuento (WACC)

Es la tasa a la cual se descuentan los flujos de caja futuros que generará el proyecto para traerlos a valor presente, lo que determina si el proyecto es rentable o no y si generará valor para la empresa. “El valor de una empresa se deriva de la habilidad

de ésta misma para generar cash flow. Pero el cash flow en el que se basa el retorno sobre una inversión” (Vidarte, s. f.).

Esa tasa es el costo de capital o costo promedio ponderado de capital. “El promedio ponderado del costo de capital (WACC), es la tasa de descuento que debe utilizarse para descontar los flujos de caja operativos para valuar una empresa utilizando el descuento de flujos de caja. La necesidad de utilización de este método se justifica en que los flujos de fondos operativos obtenidos, se financian tanto con capital propio como con capital de terceros. El WACC lo que hace es ponderar los costos de cada una de las fuentes de capital”, Hernández Blanco & Gualdrón López (2014).

El WACC por sus siglas en inglés (Weighted Average Cost of Capital) o Costo Promedio Ponderado de Capital viene a ser la suma del costo de la deuda y costo de los fondos propios, calculado como una media ponderada según su porcentaje en el valor de la empresa. Su fórmula es la siguiente:

$$WACC = K_D \times D/A + K_E \times E/A$$

Donde:

K_D : Costo efectivo de la deuda; $K_D = i (1-t)$, en donde i = tasa de interés; t =tasa de impuesto a la renta.

K_E : Costo del patrimonio

D/A: Porcentaje del activo financiado con deuda.

D/E: Porcentaje del activo financiado con patrimonio (capital propio).

Teoría de la metodología de proyectos

La metodología de proyectos de factibilidad es un enfoque crítico y riguroso para la evaluación de proyectos. Esta metodología es particularmente relevante en el contexto de la evaluación privada de proyectos, donde la toma de decisiones se basa en criterios de rentabilidad financiera y viabilidad económica.

El método de proyectos de factibilidad se basa en la evaluación de la rentabilidad y viabilidad de un proyecto, a través del análisis de sus costos y beneficios, y su impacto en el entorno socioeconómico en el que se desarrolla. Este método emplea técnicas de evaluación de proyectos para abordar dos situaciones: a) cuando el proyecto no se lleva a cabo, y b) cuando el proyecto (implementación del proyecto de clasificación de minerales) se ejecuta.

El método sin proyecto se enfoca en el análisis de la situación actual de la empresa o del sector en el que se desea invertir, identificando los factores clave que afectan la viabilidad del proyecto. Este análisis incluye la identificación y evaluación de los factores macroeconómicos, políticos, sociales, culturales y tecnológicos que pueden influir en la rentabilidad del proyecto.

Por otro lado, el método con proyecto se centra en la evaluación de la rentabilidad del proyecto específico, analizando los costos y beneficios asociados a su implementación. Este análisis incluye la estimación de los

costos de inversión, los costos operativos y los ingresos generados por el proyecto. También se consideran factores como la demanda del mercado, la competencia, la disponibilidad de recursos y los riesgos asociados al proyecto.

En ambos enfoques, se emplean técnicas de análisis financiero y económico, como el análisis costo-beneficio, el análisis de sensibilidad y el flujo de caja descontado, entre otros. Además, la metodología de proyectos de factibilidad también considera aspectos no financieros, como el impacto ambiental, social y cultural del proyecto.

Según Beltrán, la metodología de proyectos de factibilidad es esencial para la evaluación privada de proyectos, ya que permite una toma de decisiones fundamentada en criterios de rentabilidad y viabilidad.

Para realizar la evaluación económica del proyecto, se utilizarán dos herramientas financieras importantes: el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR); así como el cálculo del costo de capital promedio ponderado (WACC por sus siglas en inglés). Si el VAN es mayor a cero se acepta el proyecto, si no lo es se rechaza; además, la TIR debe ser mayor al WACC, para que el accionista decida invertir en el proyecto.

La metodología del flujo de caja diferencial según Sapag Chain (2014) generalmente se aplica en proyectos en marcha (proyectos brownfield) para evaluar la viabilidad de un proyecto de mejora de valor respecto a la situación actual. Esta metodología se utiliza cuando se quiere analizar la diferencia en los flujos de efectivo generados por un proyecto de mejora (optimización) en comparación con una situación de referencia inicial.

En lugar de evaluar los flujos de efectivo absolutos del proyecto, el enfoque del flujo de caja diferencial permite analizar específicamente los cambios en los flujos de efectivo que resultaría de la implementación del proyecto de mejora. Esto implica comparar los flujos de efectivo generados por el proyecto propuesto con los flujos de efectivo que se esperarían en caso de no realizar el proyecto, o en caso de adoptar una estrategia o alternativa diferente.

Capítulo 3: Metodología de la Investigación

El proyecto surge como respuesta a la necesidad de encontrar una solución para aprovechar el mineral marginal (con una ley de Au menor a 5 g/t), el cual actualmente es descartado y depositado en las desmonteras. Además, buscamos abordar los problemas asociados a la minería informal que se presentan en la zona. Nuestro objetivo es encontrar alternativas que permitan aumentar la producción y maximizar el aprovechamiento de estos recursos.

Conscientes de la importancia de reducir el volumen de los depósitos de desmonte y minimizar los costos de transporte, nos propusimos aprovechar el mineral marginal para incrementar nuestras reservas en aproximadamente en 30,000 onzas y, de esta manera, prolongar la vida útil de la mina (ver Anexo 3). Para lograrlo, hemos planteado la construcción de una planta de ore sorter, la cual se abastecerá con el mineral marginal proveniente de las labores de desarrollo de la mina.

Esta solución tecnológica nos permitirá realizar una clasificación previa del mineral antes de que ingrese a la planta concentradora, separando eficientemente el material valioso del estéril. De esta manera, podremos optimizar el proceso de beneficio, copando planta en caso de alguna parada debido a eventualidades.

La construcción de la planta de ore sorter representa una oportunidad para mejorar la rentabilidad de la mina y reducir los impactos ambientales asociados a los depósitos de desmonte. Al aprovechar el mineral marginal, no solo estaremos aumentado la producción, sino también contribuyendo a una explotación más responsable y sostenible de los recursos naturales.

Teniendo en cuenta los aspectos mencionados, iniciamos la recopilación de información tanto de las áreas internas de la empresa como del proveedor del equipo ore sorter, con el fin de obtener datos fundamentales para el desarrollo del proyecto.

En esta etapa, nos hemos comunicado con el departamento de geología para obtener detalles sobre los recursos minerales que tienen material marginal. Según la información recopilada (ver Anexo 3), se estima que las labores de desarrollo, principalmente de sulfuros, aportarán alrededor de 1,000 toneladas por día (tpd) a la planta ore sorter.

También hemos realizado pruebas en conjunto con el equipo de planta para determinar el porcentaje de finos (menores a 10 mm) presentes en el material marginal. Los resultados obtenidos (ver Anexo 4) indican que aproximadamente menos del 30% del material marginal se encuentra en forma de finos.

Por otro lado, hemos establecido contacto con el proveedor del equipo ore sorter, quien nos ha proporcionado los lineamientos técnicos del equipo y cotizaciones. Durante nuestras conversaciones, se nos informó que el equipo no puede procesar material de tamaño inferior a 10 mm, por lo que sugirió una clasificación preliminar. Basándonos en las pruebas realizadas con el material de la mina (ver Anexo 5), se recomienda separar el material en dos rangos de granulometría: de 10 a 30 mm y de 30 a 90 mm, para obtener el máximo beneficio del equipo ore sorter. Las pruebas indicaron que la ley de ingreso puede aumentar de 4 a 5 veces luego de pasar por el ore sorter, este incremento en la ley nos permite superar la ley de corte económica indicada anteriormente.

Además, hemos recibido el apoyo del departamento de proyectos y finanzas, quienes nos han proporcionado información financiera relevante para llevar a cabo la evaluación económica del proyecto.

En conjunto, toda esta información recopilada nos permitirá avanzar en el desarrollo del proyecto de construcción de la planta ore sorter en la unidad minera de PODEROSA. Con estos datos fundamentales, podremos realizar un análisis completo y exhaustivo que respalde nuestras decisiones y nos acerque a la implementación de esta solución tecnológica en beneficio de la empresa.

3.1 Metodología de proyectos

El presente capítulo se centrará en la metodología de investigación aplicada a la evaluación de la factibilidad económica de la presente tesis. Como hemos señalado anteriormente, para la evaluación se utilizarán el VAN y la TIR, así como el WACC.

Estas herramientas nos permitirán determinar la rentabilidad del proyecto y la tasa de descuento a la que el valor presente de los flujos de caja futuros es igual a la inversión inicial.

El proceso de evaluación de la factibilidad económica constará de los siguientes pasos:

- Formulación de la idea del ore sorting
- Recopilación de datos: Se recopilarán todos los datos relevantes del proyecto, incluyendo costos, ingresos, flujos de caja, tasas de descuento, entre otros.
- Análisis de los flujos de caja: Se estimarán los flujos de caja futuros con y sin proyecto y el flujo de caja diferencial, se descontarán a una tasa de descuento para determinar el valor presente.
- Cálculo del VAN: Se calculará el VAN utilizando la fórmula correspondiente, que permite determinar si un proyecto es rentable o no. Un VAN positivo indica que el valor presente de los flujos de caja futuros es mayor que la inversión inicial, lo que significa que el proyecto es rentable.
- Cálculo de la TIR: Se calculará la TIR utilizando la fórmula correspondiente, que permite determinar la tasa de descuento a la cual el valor presente de los flujos de caja futuros es igual a la inversión inicial. Una TIR positiva indica que el proyecto es rentable.
- Cálculo del WACC: es el costo de capital promedio ponderado y representa el costo promedio del capital que una empresa utiliza para financiar sus inversiones.

- Análisis de riesgo cualitativo y cuantitativo: para el análisis cualitativo se identificará y evaluará los posibles riesgos asociados con el proyecto que podrían afectar su viabilidad económica. Este análisis se basa en la experiencia del proveedor. El análisis cuantitativo estará basado en el uso de datos numéricos para evaluar los posibles riesgos y su impacto en el proyecto. Implica la simulación de múltiples escenarios para comprender mejor la variabilidad en los resultados financieros.
- Interpretación de resultados: Se interpretarán los resultados obtenidos y se determinará si el proyecto es viable desde un punto de vista financiero.

Por último, se calcularán los flujos diferenciales, la evaluación de proyectos con flujos de caja diferenciales se realiza a través de dos métodos principales: sin proyecto (base) y con proyecto.

El método sin proyecto consiste en determinar los flujos de caja que se esperan sin la implementación del proyecto, es decir, se estima el escenario base.

Por otro lado, el método con proyecto implica estimar los flujos de caja que se esperan con la implementación del proyecto. Estos flujos de caja se comparan con los flujos de caja sin proyecto para determinar la rentabilidad y el impacto del proyecto.

La evaluación se realiza comparando los flujos de caja esperados con los costos y las inversiones requeridas para implementar el proyecto. Los ratios financieros que se van a usar incluyen el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

En resumen, aplicando la evaluación de proyectos con flujos de caja diferenciales determinaremos la viabilidad y rentabilidad del proyecto, y permitirá tomar una decisión informada sobre si es viable o no el proyecto.

3.2 Recolección de datos

Para lograr los objetivos de rentabilizar el material marginal mediante la aplicación de la tecnología de clasificación de minerales (ore sorting), se deben realizar flujos de cajas diferenciales para el cálculo de las medidas de rentabilidad, las cuales son el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Para ello, se necesita recopilar la fuente de información de los datos a utilizar en los flujos y simulaciones.

En el siguiente diagrama se muestra la recolección de datos:

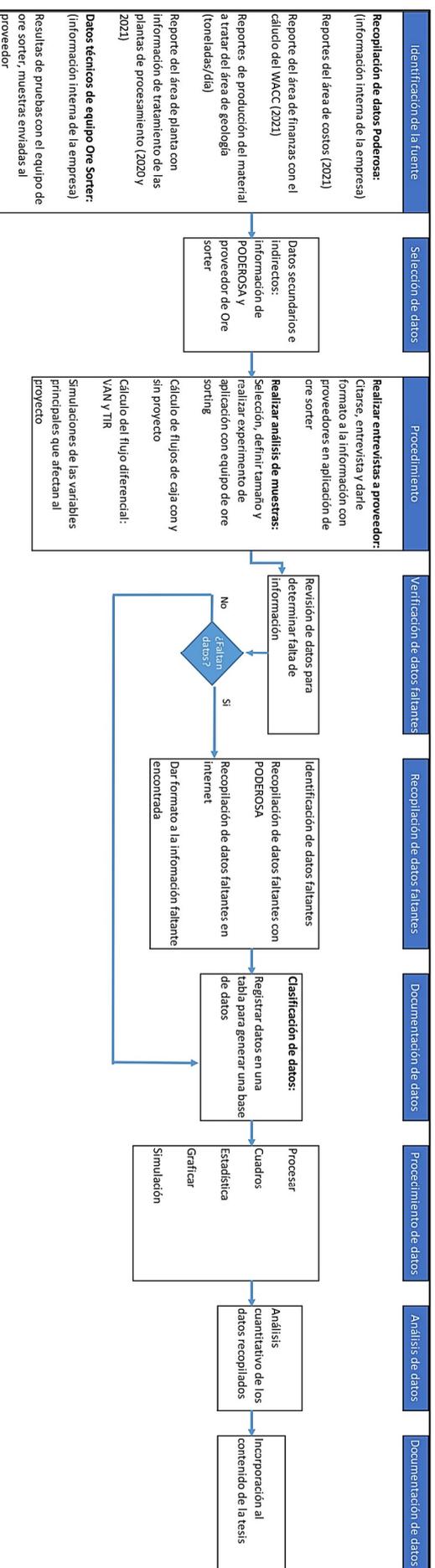


Ilustración 2. Técnicas e instrumentos de colección de datos

Fuente: elaboración propia

3.3 Evaluación del proyecto

3.3.1 Información preliminar

3.3.1.1 Descripción del proceso

Las operaciones unitarias desempeñan un papel fundamental en el modelado de la capacidad y el rendimiento metalúrgico de la planta de clasificación de minerales (ore sorter), representando el primer paso hacia la mejora en la alimentación de la planta de procesos de PODEROSA.

El circuito del ore sorter se compone de varias áreas clave, entre las cuales incluyen:

- Área de chancado y clasificación por zaranda: en esta etapa, se lleva a cabo la trituración inicial del material y su posterior clasificación mediante el uso de una zaranda. Esta área se encarga de preparar el mineral para su posterior procesamiento en el ore sorter.
- Área de clasificación por ore sorter y almacenamiento: aquí es donde se encuentra ubicado el ore sorter, encargado de realizar la clasificación del mineral en función de sus características y ley. Una vez clasificado, el mineral es almacenado adecuadamente para su posterior procesamiento.
- Área de servicios auxiliares: esta área comprende sistemas como el de aire comprimido y el colector de polvo, los cuales brindan soporte y garantizan un funcionamiento eficiente de la planta de clasificación de minerales.

Adicionalmente, se ha considerado la implementación de un área de captación de finos dentro del circuito. Estos finos, dependiendo de su ley (ver Anexo 4), serán enviados a la desmontera o a la planta concentradora para su procesamiento.

Con la inclusión de estas áreas y la implementación de un sistema integral de clasificación y procesamiento de minerales, se espera tener un buen rendimiento y la eficiencia del circuito de ore sorting en PODEROSA.

3.3.2 Plan de producción

PODEROSA cuenta con una capacidad de procesamiento de planta de 1,800 toneladas por día (tpd), planta Marañón cuenta con una capacidad de tratamiento de 800 tpd y la Planta Santa María I de 1,000 tpd.

Para el análisis de la presente tesis se van a evaluar dos escenarios, el primero no aplica la clasificación de mineral (ore sorting) y el segundo aplicando la clasificación de minerales (ore sorting).

Tabla 1

Plan de producción anual

Descripción	Escenario 01 (sin ore sorter)	Material marginal	Escenario 02 (con ore sorter)
Tratamiento (TMT/año)	582,238	74,762	657,000
Toneladas por día (tpd)	1,595	205	1,800
Ley de oro (g/t)	14.37	9.71	13.84
Recuperación (%)	91.09%	89.06%	90.92%
Finos (Oz)	245,093	20,792	265,885

Fuente: elaboración propia

El primer escenario presenta un déficit de producción reduciéndose a un 88% (1,595 tpd), esto debido a la ocurrencia de posibles eventualidades, las cuales son:

- Incremento de la **minería ilegal** y de la delincuencia en la zona de operación quienes ingresan a interior mina ya sea por bocaminas de

mineros en vías de formalización que trabajan con PODEROSA o por bocaminas de la empresa o por bocaminas que ellos mismos realizan, extrayendo el mineral aurífero que ya fue cubicado por la empresa y que forma parte de sus reservas minerales.

- **Generales de salud:** situaciones como brotes de enfermedades contagiosas, lesiones laborales o accidentes inesperados que pueden afectar la salud y bienestar de los trabajadores, resultando en una disminución de la fuerza laboral y dificultades operativas.
- **Factores externos:** debido al aumento de precio esto haría disminuir la ley de corte con lo que se trataría mineral de baja ley (marginal),

El segundo escenario trabaja con mineral que se extrae de mina con una capacidad de 1,595 tpd y la diferencia (205 tpd) se proporcionará del pre-concentrado de la clasificación de mineral (ore sorting) que es el reemplazo de mineral de avance. Si se tiene un excedente de pre-concentrado este se acumulará como stock en las canchas respectivas.

De acuerdo con la información recopilada, se ha desarrollado un diagrama de flujo para la planta ore sorting que permitirá obtener un flujo de producción de 205 toneladas por días (tpd) de pre-concentrado. Este pre-concentrado será luego enviado a la planta de beneficio, contribuyendo así a la obtención de 1,800 toneladas por día (tpd) de mineral procesado. Este incremento en la producción se traducirá en un aporte anual de 20,792 onzas de oro.

Los datos del pre-concentrado, obtenidos después de pasar el mineral marginal a través del equipo de clasificación de mineral (ore sorting), han sido estimados utilizando la información de diversas pruebas (Anexo 05) realizadas en colaboración con el proveedor a nivel de laboratorio. Estas pruebas nos ofrecen el cálculo del aumento de ley, porcentaje de masa recuperable, entre otros aspectos. Los valores determinados se obtuvieron mediante el promedio de los resultados de las pruebas, resultando en un valor de 4.23 veces de incremento en la ley con la utilización del equipo de

clasificación de mineral. El incremento de ley de 2.30 g/t del mineral marginal al ingreso de la clasificación de mineral a 9.71 g/t del pre-concentrado se encuentra en un rango de 3 a 5 veces del mineral marginal que ingresa por la clasificación de minerales, junto con un porcentaje de recuperación de masa de aproximadamente 20%. En relación con la estimación de la recuperación metalúrgica, el área de planta nos recomendó emplear las ecuaciones de porcentajes de sólidos, las cuales serán explicadas detalladamente en el capítulo 3.3.5.

A continuación, se detallan las consideraciones clave en el funcionamiento de la planta de clasificación de mineral (ore sorter):

- Días trabajados al año: 365
- Horas de trabajo por día: 20
- Recuperación en la etapa de chancado 75%
- Recuperación en el ore sorter: 90%
- Recuperación en la planta de beneficio: 89.06%
- Porcentaje de finos (menor a 10 mm): 26%
- Aumento en la ley del mineral debido al ore sorter: 4.23 unidades (promedio obtenido de las pruebas de laboratorio)
- Masa de aporte proveniente del ore sorter: 20.7%
- Rendimiento del ore sorter: 49.57 tph
- Producción de pre- concentrado: 205 tpd

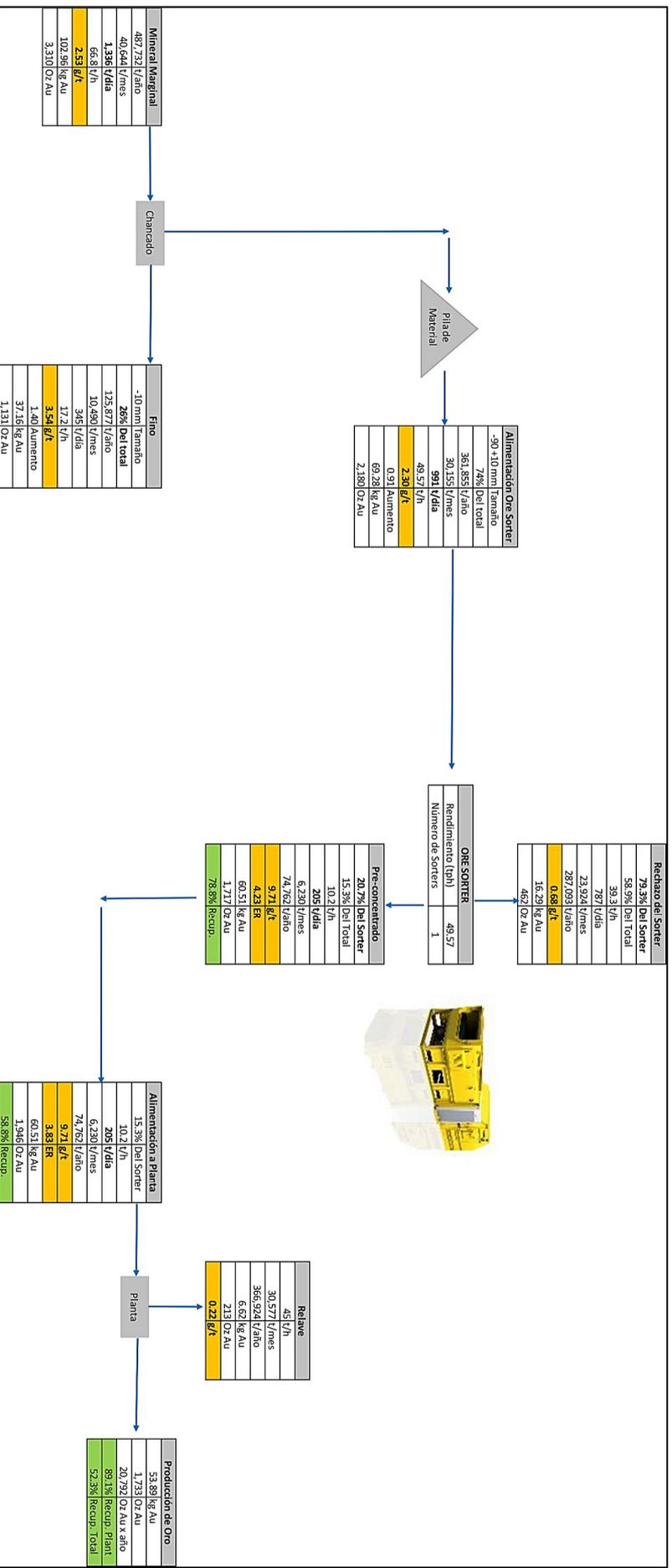


Ilustración 3. Diagrama de flujo del mineral marginal

Fuente: elaboración propia

El diagrama de flujo del mineral marginal muestra que se recupera el 52.3% del total de finos después de haber pasado por el proceso de clasificación de mineral (ore sorting), así como por la planta de procesamiento. También se puede observar que la ley del mineral marginal (2.53 g/t) se divide en 2.30 g/t para tamaños en el rango de -90 + 10 mm, y de 3.54 g/t para tamaños de -10 mm. Estos últimos tamaños no son sometidos al proceso de ore sorting, ya que representan el límite inferior de tamaño que el equipo puede procesar.

En el caso de los finos, su destino depende de su ley. Aquellos con una ley baja suelen ser enviados a la desmontera, mientras que aquellos con una ley alta se dirigen a la planta concentradora. La distribución del mineral marginal se divide en un 74% con tamaños en el rango de -90 + 10 mm, y un 26% con tamaños de -10 mm. Este dato porcentual relacionado con los finos es crucial para comprender la granulometría real del material que será sometido al proceso de clasificación.

El material que ingresa al sistema de clasificación experimenta un aumento en su ley, pasando de 2.30 g/t a 9.71 g/t, lo que representa un incremento de 4.22 veces, según los resultados de estas pruebas.

3.3.3 Cálculo de la inversión (CAPEX)

El cálculo de la inversión (CAPEX) para el presente proyecto asciende a 11,128,196 US\$, las cifras estimadas se derivan de una evaluación de diversas estimaciones proporcionadas por los proveedores de los equipos y profesionales de PODEROSA.

En la sección de '**Intangibles**', las cifras reflejan los costos asociados con el estudio de viabilidad, ingeniería conceptual, ingeniería de detalle y básica, así como pruebas y capacitación. Estos valores fueron obtenidos a través de la recopilación y evaluación de estimaciones de proyectos similares proporcionadas por consultores.

En la sección de '**Activos fijos**', las cifras se desglosan en categorías como Mecánica, Tubería, Civil, Estructural, Eléctrica e Instrumentación. Estos

costos directos se calcularon a partir de estimaciones detalladas proporcionadas por los proveedores y consultores especializados en cada disciplina (ver Anexo 06).

Los activos fijos se dividen en los siguientes ítems:

- **Mecánica:** incluye los costos asociados a los equipos mecánicos necesarios para el funcionamiento de la planta de clasificación. Esto es costo de adquisición de la máquina clasificadora, fajas, chancadora, zarandas, tolva, parrilla y cualquier otro equipo mecánico requerido en el proceso de clasificación.
- **Tubería:** involucra los costos relacionados con la instalación de la red de tuberías necesarias para el suministro de agua, aire comprimido y otros fluidos requeridos en la operación de la planta. Esto incluye el costo de los materiales de tubería, válvulas, conexiones y mano de obra necesaria para la instalación de la tubería.
- **Civil:** este ítem comprende los costos asociados a las obras civiles necesarias para la construcción de la planta de clasificación. Esto incluye la preparación del terreno, cimentaciones, estructuras de soporte, edificaciones para albergar la planta y cualquier otra infraestructura civil requerida.
- **Estructural:** involucra los costos relacionados con el diseño y construcción de las estructuras metálicas necesarias para soportar los equipos de la planta y garantizar su estabilidad y seguridad. Esto incluye la fabricación y montaje de estructuras de acero, techos, escaleras y plataformas de acceso.
- **Eléctrica:** este ítem incluye los costos relacionados con el suministro de energía eléctrica a la planta de clasificación. Esto incluye el costo de transformadores, tableros eléctricos, cableado, iluminación, sistemas de puesta a tierra y cualquier otro componente eléctrico necesario para la operación de la planta.

- **Instrumentación:** involucra los costos asociados a los instrumentos y sistemas de control necesarios para monitorear y controlar el proceso de clasificación. Esto incluye el costo de los sensores, medidores de flujo, sistemas de automatización, sistemas de control y cualquier otro equipo de instrumentación requerido.

El 'Costo indirecto' abarca gastos adicionales asociados con la implementación del proyecto, como supervisión, gestión y otros costos generales, el cual representa un 19%. Las 'Contingencias' (ver Anexo 07) representan un 8% destinado a cubrir posibles imprevistos durante la ejecución del proyecto, como medida de precaución para hacer frente a posibles desviaciones en el presupuesto inicial.

Tabla 2

Costo de inversión del proyecto - CAPEX

Intangibles	US\$
Estudio de viabilidad	10,000
Ingeniería conceptual	64,484
Ingeniería de detalle y básica	271,320
Pruebas y capacitación	19,172
Subtotal Total	364,976
Activos fijos	US\$
Mecánica	4,864,242
Tubería	100,683
Civil	1,451,986
Estructural	815,676
Eléctrica	826,467
Instrumentación	393,737
Costo directo	8,452,791
Costo indirecto	1,606,030
Contingencias (8%)	704,399
Subtotal Total	10,763,221
Total	11,128,196

Fuente: elaboración propia

3.3.4 Cálculo del costo de operación (OPEX)

Costo de operación del ore sorter

El cálculo de costo de operación (OPEX) para la planta de clasificación de minerales (ore sorting) ha considerado: la energía, mano de obra, mantenimiento y un porcentaje ante eventualidades; el cual asciende a 1.73 US\$/t.

Los datos utilizados para la estimación del costo de operación (OPEX) han sido obtenidos a partir de información proporcionada por la empresa y el proveedor. Se han considerado los costos asociados a las diferentes actividades y procesos operativos necesarios para el funcionamiento de la planta de clasificación de mineral. Estas estimaciones se han realizado con el objetivo de obtener una proyección cercana de los gastos recurrentes que se esperan durante la operación de la planta. Cabe destacar que estos datos están sujetos a posibles ajustes y actualizaciones a medida que se avance en el proyecto y se obtenga información más precisa.

El costo de operación (OPEX) se compone de varios ítems principales, que incluyen:

- **Energía:** este ítem comprende los gastos relacionados con el suministro de energía eléctrica necesario para el funcionamiento de la planta de clasificación. Incluye el consumo de electricidad para alimentar los equipos, sistemas de iluminación y otros componentes eléctricos necesarios para el proceso de clasificación.
- **Mano de obra:** este ítem engloba los costos asociados con el personal requerido para operar y mantener la planta de clasificación. Esto incluye salarios, beneficios, capacitación y cualquier otro gasto relacionado con la contratación y retención del personal necesario para las labores diarias de operación y supervisión.
- **Mantenimiento:** este ítem cubre los gastos relacionados con el mantenimiento regular y la reparación de la planta de clasificación de

mineral. Esto incluye el costo de las piezas de repuesto, servicios de mantenimiento programado, inspecciones, reparaciones y cualquier otra actividad necesaria para garantizar el funcionamiento de los equipos y sistemas.

- **Eventualidades:** este ítem representa un porcentaje adicional que se reserva como parte de los gastos operativos para hacer frente a eventualidades o imprevistos que puedan surgir durante la operación de la planta. Estas contingencias actúan como un fondo de reserva para cubrir costos adicionales no contemplados inicialmente en el presupuesto, como reparaciones imprevistas, cambios en los precios de los insumos, entre otros.

Tabla 3

Costo de operación del proyecto - OPEX

Descripción	UNID	Cantidad
Capacidad de producción		
Hora de operación	hora	20.00
Disponibilidad de equipos	%	95%
Días de operación al año	días	365
Tonelaje promedio por hora	t/hora	49.57
Tonelaje promedio por día	t/día	991
Tonelaje promedio anual	t/año	361,855
Insumo - Energía		
Factor demanda		0.90
Consumo del sistema	kW	733.20
Consumo al año	kWh/año	4,576,236.59
Costo unitario de consumo eléctrico	US\$/KW.h	0.06315
Costo total anual	US\$/año	288,989.34
Mano de obra		
Costo anual por operación	US\$/año	277,400.00
Adicionales - Mantenimiento		
Porcentaje de mantenimiento	%	4%
Costo anual por mantenimiento	US\$/año	47,989.07
Adicionales - Eventualidades		
Porcentaje de eventualidades	%	1%
Costo anual por mantenimiento	US\$/año	11,997.27

Costo operativo total anual	US\$/año	626,375.67
Costo unitario de operación	US\$/t	1.73

Fuente: elaboración propia

Costo de operación de mina

Para la elaboración de los flujos de caja correspondientes a los dos escenarios, se ha recurrido a los datos de costos proporcionados por el área de finanzas de la empresa. Estos flujos de caja se han construido considerando dos situaciones: una sin la implementación de la clasificación de minerales (ore sorting) y otra con la incorporación de esta tecnología (ver Anexo 8).

Tabla 4

Costo de operación sin clasificación de minerales (ore sorting)

COSTOS (US\$/t)	1er Trim	2do Trim	3er Trim	4to Trim
<u>Costo de producción</u>	347.00	342.47	341.24	339.66
Exploraciones	2.27	2.24	2.23	2.22
Costo de mina	141.65	139.80	139.30	138.65
Procesamiento	34.78	34.33	34.21	34.05
Costo de Servicios Generales	61.66	60.86	60.64	60.36
Acopio de mineral	106.64	105.25	104.87	104.39
<u>Costo administrativo</u>	77.92	76.90	76.63	76.27

Fuente: elaboración propia

Una vez implementado la planta de clasificación de mineral (ore sorter), se estima que habrá un impacto en los costos de la operación. Según las entrevistas realizadas con proveedores y el área de finanzas, se han identificado las implicancias:

- **Costos iniciales:** habrá costos asociados a la adquisición de maquinaria, sistemas de transporte y las infraestructuras necesarias para poner en funcionamiento la planta de clasificación.
- **Personal adicional:** una vez que la planta esté en funcionamiento, se requerirá personal adicional para operar y mantener el equipo de clasificación. Los trabajadores serán responsables de supervisar el

proceso de clasificación, realizar labores de mantenimiento y garantizar un funcionamiento eficiente de la planta.

- **Consumo de energía y recursos:** la planta de clasificación de mineral requerirá energía adicional para su operación, así como consumibles como agua y otros productos químicos necesarios para el proceso de clasificación.

Tabla 5

Costo de operación con clasificación de minerales (ore sorting)

COSTOS (US\$/t)	1er Trim	2do Trim	3er Trim	4to Trim
<u>Costo de producción</u>	331.80	327.46	326.29	324.78
Exploraciones	2.18	2.15	2.14	2.13
Costo de mina	132.49	130.76	130.29	129.69
Procesamiento	33.46	33.03	32.91	32.76
Costo de Servicios Generales	59.32	58.55	58.34	58.07
Acopio de mineral	102.58	101.24	100.88	100.41
Ore Sorter	1.75	1.73	1.72	1.72
<u>Costo administrativo</u>	74.97	73.99	73.72	73.38

Fuente: elaboración propia

Al comparar las tablas de costos con y sin proyecto, se aprecia que sin proyecto los costos se distribuyen entre un menor número de unidades (582,238 t/año), lo que resulta en un mayor costo por tonelada producida. Por otro lado, en el escenario con proyecto, los costos se dividen entre un mayor volumen de producción (657,000 t/año), lo que reduce el costo por tonelada. Esta diferencia en la distribución de costos es lo que genera la disminución de los costos en el proyecto implementado.

3.3.5 Recuperación metalúrgica del proyecto

Las plantas de procesamiento de PODEROSA se abastecen de mineral proveniente tanto de la mina en operación como de los mineros artesanales con los que trabaja la empresa y que acopian mineral de sus concesiones mineras, los cuales son mineros formales o en vías de formalización. Con el

fin de calcular las recuperaciones metalúrgicas aplicadas en PODEROSA, se siguen los siguientes criterios:

- La recuperación total de la planta se estima a partir de la producción obtenida en la fundición, teniendo en cuenta los despachos de bullones como indicador.
- La recuperación del mineral proveniente de acopio se calcula mediante pruebas de cianuración en botellas realizadas en lotes
- La recuperación del mineral de mina procesado en planta se calcula considerando tanto los finos totales producidos como los finos provenientes de acopio.

En lo que respecta al cálculo del porcentaje de recuperación metalúrgica del proyecto, se fundamenta en la curva histórica de extracción de sólidos minerales, así como en la veta de la cual se obtendrá el mineral marginal. En consecuencia, procederemos a establecer la ecuación que se empleará para el material marginal que atraviesa el proceso de clasificación de mineral. En las siguientes líneas, detallaremos el método empleado para su obtención.

Ecuación por veta

En base a la data histórica del porcentaje de relave y la ley de cabeza del mineral, se ha construido una gráfica conocida como la curva de extracción de sólidos minerales. Esta curva representa la relación entre el porcentaje de sólidos minerales recuperados y la ley de cabeza del mineral.

A partir de esta gráfica, se ha obtenido una ecuación que permite estimar la extracción de sólidos minerales en función a la ley de cabeza del mineral. Esta ecuación nos proporciona una herramienta para predecir la eficiencia de extracción de los minerales del proyecto.

Tabla 6

Data histórica para gráfica curva de extracción de sólido

Año de estudio	Cabeza Au(gpt)	Relave	Extracción Solido %	Relave %
Mar-05	3.9	0.73	81.34	18.66
Oct-07	4.9	0.73	85.08	14.92
Abr-07	5.0	0.80	83.95	16.05
Ene-08	10.3	1.70	83.57	16.43
May-08	11.9	2.10	82.40	17.60
Jul-08	15.2	1.70	88.80	11.20
		*		
		*		
		*		
		*		
Set-20	23.1	1.63	92.93	7.07
Abr-21	23.8	1.62	93.17	6.83
Jun-21	24.1	1.23	94.89	5.11
Ene-22	27.9	2.00	92.85	7.15
Jun-22	63.4	3.40	94.63	5.37
Dic-22	79.1	3.40	95.70	4.30
Feb-23	104.8	6.40	93.89	6.11

***Datos históricos**

Fuente: Planta PODEROSA

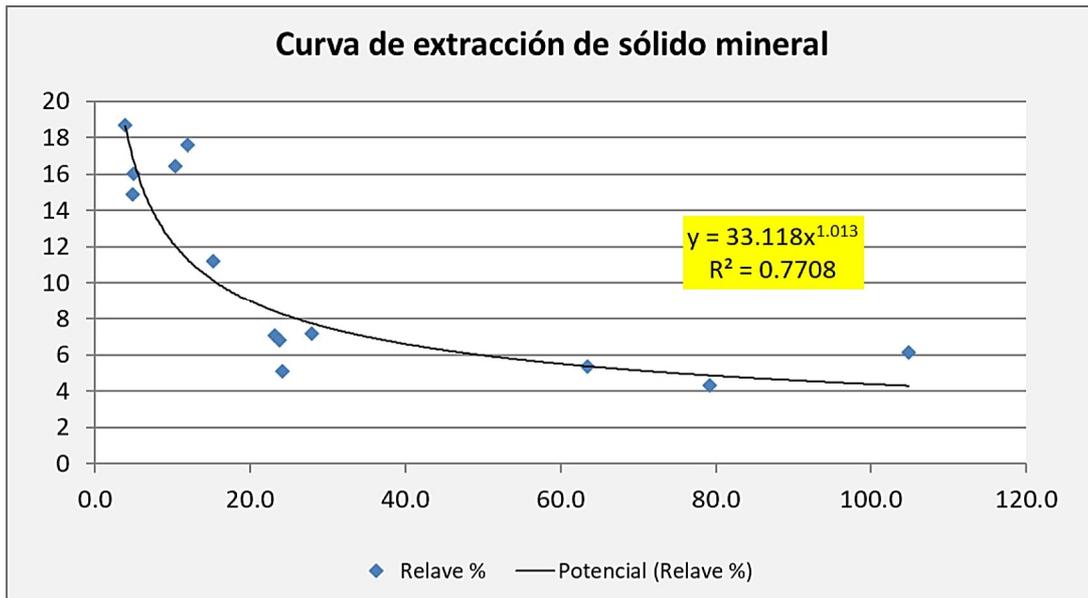


Ilustración 4. Curva de extracción de sólido mineral

Fuente: planta PODEROSA

Como se señala, la ecuación resultante se presenta en base a la información histórica, la cual se utiliza para construir la gráfica. Esta representación gráfica proporciona una línea de tendencia potencial que lleva a la obtención de la ecuación mostrada.

$$\% \text{Extr.} = 100 - 33.118 \times \text{Ley}^{(1.013)}$$

Ecuación 1: ecuación de %sólidos PODEROSA

Fuente: planta PODEROSA

Factor de escalamiento

Basándonos en los resultados históricos de las pruebas de cianuración estándar (prueba a 90% -200m) realizadas en el laboratorio metalúrgico de PODEROSA, y los resultados de las pruebas de cianuración para los minerales provenientes de acopio, hemos calculado el factor de escalamiento. Estos valores se obtienen mensualmente y nos permite realizar una estimación a una escala anual.

Para nuestro proyecto en particular, hemos seleccionado un factor de escalamiento de 1.013. Este factor se utiliza para ajustar y estimar los resultados obtenidos en las pruebas de cianuración a lo largo del año, proporcionándonos una perspectiva más completa y precisa de la eficiencia del proceso metalúrgico.

También hemos tenido en cuenta la información proporcionada por el área de planta, que incluye factores adicionales para reflejar la eficiencia de lavado y el proceso de refinación. En particular, se ha considerado un factor de -0.05 para la eficiencia de lavado y un factor de -0.02 para la refinación. Estos factores se aplican con el objetivo de ajustar y refinar aún más los cálculos relacionados con la recuperación de los minerales valiosos en el proceso de cianuración.

Por último, teniendo en cuenta los elementos mencionados anteriormente, se ha obtenido la siguiente fórmula para calcular la recuperación metalúrgica en el proyecto:

$$RM = \%ES \wedge FE. - EL - R$$

En dónde:

%ES: extracción de sólidos

RM recuperación metalúrgica

FE: factor de escalamiento

EL: eficiencia de lavado

R: refinería

Por lo tanto, se obtiene:

$$RM=(100-33.118*Ley^{1.013})-0.05-0.02$$

Para el caso del material que pasa por la clasificación de mineral se obtiene una ley de 9.71 g/t, reemplazando el dato en la ecuación se obtiene una recuperación metalúrgica de 89.06%

3.3.6 Cálculo del costo promedio ponderado de capital (WACC) de PODEROSA

El WACC es el Costo de Capital Promedio Ponderado (Weighted Average Cost of Capital) y representa el costo promedio del capital que una empresa utiliza para financiar sus inversiones. Se calcula como una ponderación del costo del capital de cada fuente de financiación (acciones, deuda, etc.) en proporción a su importancia en la estructura financiera de la empresa.

PODEROSA, a pesar de ser una empresa que cotiza en bolsa, no reporta su WACC a la Superintendencia de Mercado de Valores (SMV), sin embargo, sí lo calcula para cada año el área de finanzas. A continuación, presentamos ese cálculo para el año 2021 el cual asciende a 12.96%:

Tabla 7

Cálculo del WACC de PODEROSA

Costo Capital	%
1. Tasa de interés de la deuda = i (dato)	1.95%
2. Tasa de impuesto a la renta = t (dato)	32.95%
3. Costo Efectivo de la Deuda, $K_D = i \times (1 - t)$	1.31%
4. Tasa libre de Riesgo, R_f (dato)	4.42%
5. Prima Promedio por Riesgo del Mercado, PRP (dato)	8.1%
6. Beta (dato)	1.08
7. Riesgo país	1.40%
8. Costo de Oportunidad del accionista, $K_E = R_f + PPR \times \text{Beta}$	14.51%
9. D/A (dato)	11.77%
10. E/A (dato)	88.23%
11. $C_K = \text{Costo Promedio Ponderado del Capital} = K_D \times D/A + K_E \times E/A = (3) \times (8) + (7) \times (9)$	12.96%

Fuente: elaboración propia¹

Tasa de interés de la deuda: es la tasa real de endeudamiento bancario de PODEROSA al 31 de diciembre. PODEROSA no representaba mayor riesgo en el año 2021.

Tasa libre de riesgo: es la rentabilidad promedio de los bonos del tesoro americano (3 meses) desde 1972.

El riesgo de mercado: es el rendimiento de las acciones (S&P500) desde 1972. La prima de riesgo de mercado es la diferencia entre ambas.

¹ Al cotizar PODEROSA en la bolsa de valores de Lima, es posible utilizar el parámetro beta obtenido de alrededor 0.4 (<https://es.investing.com>), pero hemos decidido mantener una posición más conservadora utilizando el dato calculado por PODEROSA de 1.08. De emplear el parámetro beta de 0.4, la tasa de descuento sería menor y como consecuencia de ello el VAN aumentaría, haciendo el proyecto aún más atractivo económicamente.

Tabla 8

Riesgo de mercado

Year	Annual Returns on Investments in			
	S&P 500	3-month T.Bill	US T. Bond	Baa Corporate Bond
Arithmetic Average Historical Return				
1928-2021	11.82%	3.33%	5.11%	7.19%
1972-2021	12.47%	4.42%	7.00%	9.29%
2012-2021	16.98%	0.51%	2.59%	6.28%
https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/				

Fuente: Finanzas PODEROSA

Beta: es la industria “metales preciosos”, se tomó 0.99 que es el desapalancado. Luego se apalanca con los datos de PODEROSA con lo que resulta 1.08.

Tabla 9

Beta en la industria

Industry Name	Number of firm	Average Unlevered Bet
Power	50	0.56
Precious Metals	76	0.99

Fuente: Finanzas PODEROSA

El riesgo país es el EMBI Perú al 31 de diciembre. Este se publica en gestión, BCR, Damodaran, entre otros.

Capítulo 4: Resultados

4.1 Escenario 1: situación sin clasificación de minerales (ore sorting)

En el presente capítulo vamos a detallar el método sin proyecto que consiste en determinar el flujo de caja que se espera sin la implementación de la mejora, o sea el escenario base.

- **Supuestos que sustentan el flujo actual**

En base a los supuestos para la evaluación económica financiera que para el escenario base son los siguientes:

- ✓ Periodo de 3 años (vida de la mina), se presentará el flujo en un horizonte trimestral.
- ✓ Precio de venta de 1,500 US\$/onza.
- ✓ Tasa de incremento por mano de obra y servicios de 2.5% anual.
- ✓ Costos de producción y administrativos reportados por el área de costos al cierre del año 2021.
- ✓ Depreciación y amortización reportados por el área de costos al cierre del año 2021.
- ✓ Plan de producción de mina en base a un tratamiento de planta del 88% de capacidad, debido a las eventualidades que se puedan presentar.
- ✓ Impuesto a la renta de 29.5%
- ✓ Impuesto de regalías mineras e impuesto especial a la minería (Cálculo otorgado por PODEROSA y adecuado a la tesis).
- ✓ Participación de trabajadores del 8% (utilidades antes de impuestos).
- ✓ Tasa de descuento de 12.96 % anual (WACC).
- ✓ Cálculo de recuperación metalúrgica en base a datos históricos.

- **Flujo de Caja Descontado (FCD) sin clasificación de minerales (ore sorting)**

De acuerdo con los supuestos indicados, se procedió a elaborar el flujo de caja descontado sin clasificación de minerales (ore sorting).

Tabla 10
Flujo de caja descontado sin clasificación de minerales (ore sorting)

FLUJO DE CASH	Año 0 (miles de US\$)				Año 1 (miles de US\$)				Año 2 (miles de US\$)				Año 3 (miles de US\$)			
	1er Trim	2do Trim	3er Trim	4to Trim	1er Trim	2do Trim	3er Trim	4to Trim	1er Trim	2do Trim	3er Trim	4to Trim	1er Trim	2do Trim	3er Trim	4to Trim
Ingresos	90,651	91,658	92,665	92,665	90,651	91,658	92,665	92,665	90,651	91,658	92,665	92,665	90,651	91,658	92,665	92,665
Ventas	90,651	91,658	92,665	92,665	90,651	91,658	92,665	92,665	90,651	91,658	92,665	92,665	90,651	91,658	92,665	92,665
Costos	60,222	60,892	62,230	60,892	62,414	63,786	62,414	63,786	62,414	63,786	62,414	63,786	62,414	63,786	62,414	63,786
Costo de producción	49,179	49,725	50,818	49,725	50,408	50,969	52,089	50,969	51,669	52,231	53,391	52,243	53,391	54,551	53,403	54,551
Exploraciones	321	325	332	325	329	333	340	333	337	341	349	341	343	349	341	349
Costo de mina	20,075	20,298	20,744	20,298	20,577	20,806	21,263	20,806	21,091	21,326	21,794	21,326	21,794	22,262	22,730	23,198
Procesamiento	4,980	4,985	5,094	4,985	5,053	5,109	5,221	5,109	5,179	5,237	5,352	5,237	5,315	5,384	5,499	5,568
Costo de Servicios Generales	8,739	8,836	9,030	8,836	8,958	9,057	9,256	9,057	9,182	9,284	9,488	9,284	9,413	9,515	9,719	9,821
Acopio de mineral	15,114	15,282	15,618	15,282	15,492	15,664	16,008	15,664	15,879	16,056	16,408	16,056	16,308	16,560	16,912	17,264
Costo administrativo	11,083	11,166	11,412	11,166	11,319	11,445	11,697	11,445	11,602	11,731	11,989	11,731	11,989	12,247	12,505	12,763
Total Ventas-Costos	30,428	30,766	30,435	31,774	28,923	29,244	28,880	30,251	27,380	27,684	27,285	28,691	27,380	27,684	27,285	28,691
Depreciación	2,214	2,238	2,287	2,238	2,266	2,294	2,345	2,294	2,326	2,352	2,403	2,352	2,384	2,435	2,486	2,537
Amortización	14,735	14,899	15,226	14,899	15,103	15,271	15,607	15,271	15,481	15,653	15,997	15,653	15,927	16,201	16,475	16,749
Utilidad Operativa	13,480	13,629	12,922	14,637	11,550	11,679	10,928	12,686	9,573	9,679	8,885	10,686	9,573	9,679	8,885	10,686
Impuestos 29.5%	3,976	4,021	3,812	4,318	3,407	3,445	3,224	3,742	2,824	2,855	2,621	3,152	2,824	2,855	2,621	3,152
Regalías Mineras	907	917	927	927	907	917	927	927	907	917	927	927	907	917	927	927
Impuesto especial a la minería	268	271	269	314	233	209	213	267	177	179	156	214	177	179	156	214
Utilidad (8%)	0	0	0	0	4,373	0	0	0	3,747	0	0	0	3,747	0	0	0
Utilidad Neta	8,328	8,421	7,914	9,078	2,630	7,108	6,564	7,750	1,918	5,728	5,181	6,394	1,918	5,728	5,181	6,394
Depreciación	2,214	2,238	2,287	2,238	2,266	2,294	2,345	2,294	2,326	2,352	2,403	2,352	2,384	2,435	2,486	2,537
Amortización	14,735	14,899	15,226	14,899	15,103	15,271	15,607	15,271	15,481	15,653	15,997	15,653	15,927	16,201	16,475	16,749
Flujo de Caja Operativo	25,277	25,538	25,428	26,215	20,003	24,674	24,516	25,315	19,724	23,733	23,581	24,398	19,724	23,733	23,581	24,398
Inversión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de Caja Económico	0	0	0	0	20,003	24,674	24,516	25,315	19,724	23,733	23,581	24,398	19,724	23,733	23,581	24,398
Flujo de Caja Económico Acumulado	0	0	0	0	25,277	50,855	76,283	102,478	122,481	147,154	171,670	196,985	216,710	240,442	264,023	288,421
Tasa de Interés anual	12.96%															
Tasa de Interés trimestral	3%															
VAN (miles de US\$)	217,800															

Fuente: elaboración propia

4.2 Escenario 2: situación con clasificación de minerales (ore sorting)

- **Supuestos que sustentan el flujo con proyecto**

Los supuestos para la evaluación económica financiera para el escenario con proyecto son los siguientes:

- ✓ Periodo de 3 años (vida de la mina), se presentará el flujo en un horizonte trimestral.
 - ✓ Precio de venta de 1,500 US\$/onza.
 - ✓ Tasa de incremento por mano de obra y servicios de 2.5% anual.
 - ✓ Costos de producción y administrativos reportados por el área de costos al cierre del año 2021.
 - ✓ Depreciación y amortización reportados por el área de costos al cierre del año 2021.
 - ✓ Plan de producción de mina en base a un tratamiento de planta del 88% de capacidad y adicionando el 15% del mineral de pre-concentrado del ore sorting para tratar la capacidad total de las plantas de procesamiento.
 - ✓ Impuesto a la renta de 29.5%
 - ✓ Impuesto de regalías mineras e impuesto especial a la minería (Cálculo otorgado por PODEROSA y adecuado a la tesis).
 - ✓ Participación de trabajadores del 8% (utilidades antes de impuestos).
 - ✓ Tasa de descuento de 12.96 % anual (WACC).
 - ✓ Costo de operación del ore sorting
 - ✓ CAPEX del proyecto: estudios, ingeniería, construcción, contingencia, entre otros.
 - ✓ Cálculo de recuperación metalúrgica en base a datos históricos.
- **Flujo de Caja Descontado (FCD) con ore sorting**

En base a los supuestos indicados, se procedió a elaborar el flujo de caja descontado con ore sorting.

Tabla 11
Flujo de caja descontado con clasificación de minerales (ore sorting)

	Año 0 (miles de US\$)				Año 1 (miles de US\$)				Año 2 (miles de US\$)				Año 3 (miles de US\$)			
	1er Trim	2do Trim	3er Trim	4to Trim	1er Trim	2do Trim	3er Trim	4to Trim	1er Trim	2do Trim	3er Trim	4to Trim	1er Trim	2do Trim	3er Trim	4to Trim
FLUJO DE CAJA																
Ingresos	98,341	99,434	100,526	100,526	98,341	99,434	100,526	100,526	98,341	99,434	100,526	100,526	98,341	99,434	100,526	100,526
Ventas	98,341	99,434	100,526	100,526	98,341	99,434	100,526	100,526	98,341	99,434	100,526	100,526	98,341	99,434	100,526	100,526
Costos	65,083	65,806	67,252	65,806	66,710	67,451	68,934	67,451	68,378	69,137	70,657	69,137	70,657	71,374	72,874	71,374
Costo de producción	53,094	53,684	54,864	53,684	54,421	55,026	56,235	55,026	55,782	56,402	57,641	56,402	57,641	58,299	59,599	58,299
Exploraciones	349	352	360	352	357	361	369	361	366	370	378	370	378	382	386	382
Costo de mina	21,189	21,424	21,895	21,424	21,718	21,960	22,442	21,960	22,261	22,509	23,003	22,509	23,003	23,500	24,000	23,500
Procesamiento	5,352	5,411	5,530	5,411	5,486	5,547	5,668	5,547	5,623	5,685	5,810	5,685	5,810	5,875	6,000	5,875
Costo de Servicios Generales	9,487	9,593	9,803	9,593	9,724	9,832	10,049	9,832	9,968	10,078	10,300	10,078	10,300	10,410	10,630	10,410
Acopio de mineral	16,405	16,587	16,952	16,587	16,815	17,002	17,376	17,002	17,236	17,427	17,810	17,427	17,810	18,000	18,382	18,000
Ore Sorting	313	316	323	316	321	324	331	324	329	332	340	332	340	343	346	343
Costo administrativo	11,989	12,122	12,388	12,122	12,288	12,425	12,698	12,425	12,596	12,736	12,889	12,736	12,889	13,036	13,189	13,036
Total Ventas-Costos	33,258	33,628	33,274	34,720	31,631	31,983	31,593	33,075	29,963	30,296	29,869	31,389	29,963	30,296	29,869	31,389
Depreciación	2,403	2,430	2,483	2,430	2,463	2,491	2,545	2,491	2,525	2,553	2,609	2,553	2,609	2,637	2,693	2,637
Amortización	15,996	16,174	16,530	16,174	16,396	16,579	16,943	16,579	16,806	16,993	17,366	16,993	17,366	17,553	17,933	17,553
Utilidad Operativa	14,859	15,024	14,261	16,116	12,771	12,913	12,105	14,006	10,632	10,750	9,894	11,843	10,632	10,750	9,894	11,843
Impuestos 29.5%	4,383	4,432	4,207	4,754	3,768	3,809	3,571	4,132	3,137	3,171	2,919	3,494	3,137	3,171	2,919	3,494
Regalías Mineras	983	994	1,005	1,005	983	994	1,005	1,005	983	994	1,005	1,005	983	994	1,005	1,005
Impuesto especial a la minería	219	302	299	347	259	262	250	280	216	202	197	227	216	202	197	227
Utilidad (8%)	0	0	0	0	4,821	0	0	0	4,144	0	0	0	4,144	0	0	0
Utilidad Neta	9,273	9,296	8,750	10,010	2,940	7,847	7,278	8,589	2,153	6,383	5,773	7,107	2,153	6,383	5,773	7,107
Depreciación	2,403	2,430	2,483	2,430	2,463	2,491	2,545	2,491	2,525	2,553	2,609	2,553	2,609	2,637	2,693	2,637
Amortización	15,996	16,174	16,530	16,174	16,396	16,579	16,943	16,579	16,806	16,993	17,366	16,993	17,366	17,553	17,933	17,553
Flujo de Caja Operativo	27,672	27,900	27,763	28,614	21,800	26,917	26,766	27,658	21,484	25,929	25,748	26,653	21,484	25,929	25,748	26,653
Inversión	-1,817	-916	-5,691	-2,704	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de Caja Económico	-1,817	-916	-5,691	-2,704	27,672	27,900	27,763	28,614	21,800	26,917	26,766	27,658	21,484	25,929	25,748	26,653
Flujo de Caja Económico Acumulado	-1,817	-2,733	-8,424	-11,128	16,544	44,443	72,206	100,821	122,621	149,537	176,304	203,962	225,446	251,375	277,123	303,776
Tasa de Interés anual	12.96%															
Tasa de Interés trimestral	3%															
VAN (miles de US\$)	227,276															

Fuente: elaboración propia²

² La depreciación incluye todos los activos de la empresa, este valor unitario fue proporcionado por el área de costos de PODEROSA y se le añadió la depreciación del equipo de clasificación de mineral.

4.3 Flujo de caja diferencial

Teniendo ya elaborado los flujos de caja con y sin proyecto procedemos a calcular los flujos diferenciales, en este flujo se calcularán los ratios de rentabilidad como son el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

Tabla 12

Flujo de caja diferencial

FLUJO DE CAJA DIFERENCIAL	Año 0 (miles de US\$)				Año 1 (miles de US\$)				Año 2 (miles de US\$)				Año 3 (miles de US\$)			
	1er Trim	2do Trim	3er Trim	4to Trim	1er Trim	2do Trim	3er Trim	4to Trim	1er Trim	2do Trim	3er Trim	4to Trim	1er Trim	2do Trim	3er Trim	4to Trim
Flujo de caja con proyecto	-1,817	-915	-5,691	-2,704	27,672	27,900	27,763	28,614	21,800	26,917	26,766	27,658	21,484	25,929	25,748	26,653
Flujo de caja sin proyecto	0	0	0	0	25,277	25,558	25,428	26,215	20,003	24,674	24,516	25,315	19,724	23,733	23,581	24,398
Diferencia	-1,817	-915	-5,691	-2,704	2,395	2,342	2,335	2,399	1,797	2,243	2,250	2,343	1,760	2,196	2,167	2,255
WACC anual	12.96%															
WACC trimestral	3.09%															
VAN (miles de US\$)	9,477															
TIR (%) trimestral	13%															
TIR (%) anual	66%															

Fuente: elaboración propia

Como se aprecia el proyecto crea valor, teniendo un valor actual neto (VAN) con un importe que sobrepasa el monto de inversión, el cual asciende a 9,477 mil US\$, además la tasa interna de retorno (TIR) asciende a 66%. Por lo que se concluye que el proyecto de la implementación de una planta de clasificación de minerales (ore sorting) en PODEROSA es viable económicamente.

4.4 Simulaciones y riesgos del proyecto

El objetivo de este capítulo es realizar un análisis de sensibilidad en el flujo de caja del proyecto en cuestión, identificando las variables más críticas y evaluando su impacto en las medidas de rentabilidad. Para ello, se realizarán escenarios de sensibilidad, en los que se varían los valores de las variables clave y se observa su efecto en el VAN. Se usarán simuladores en Excel donde la variación se dará cada 5% y en @Risk donde la variación se consultará con expertos.

Las variables más sensibles usadas son:

- ✓ El precio del oro (US\$/onza)
- ✓ CAPEX (US\$)
- ✓ Ley del mineral marginal de Au (g/t), al ingreso del equipo.

- **Simulación utilizando el Excel**

Con apoyo del programa Excel evaluamos el desempeño del proyecto en diferentes escenarios, que nos puede ayudar a la toma de decisión y evaluar el riesgo asociado.

Los datos de entrada para esta simulación serán el precio del oro, la inversión (capex) y la ley del mineral marginal, los cuales variarán cada 5%, con un máximo y mínimo de 15%.

Tabla 13

Análisis de sensibilidad

	Precio del oro	VAN	CAPEX	VAN	Ley del mineral marginal	VAN
(%)	US\$/Oz	(US\$)	US\$	(US\$)	g/t	(US\$)
15%	1,725	16,217,544	12,797,426	7,897,312	2.91	16,413,005
10%	1,650	13,970,540	12,241,016	8,423,718	2.79	14,097,573
5%	1,575	11,723,536	11,684,606	8,950,125	2.66	11,785,340
0%	1,500	9,476,531	11,128,196	9,476,531	2.53	9,476,531
-5%	1,425	7,229,527	10,571,786	10,002,938	2.41	7,171,396
-10%	1,350	5,025,501	10,015,377	10,529,344	2.28	4,870,218
-15%	1,275	2,820,980	9,458,967	11,055,750	2.15	2,573,320
Límite	1,208	0	21,144,858	0	2.01	0
Variación %	-19.49%		90.01%		-20.61%	

Fuente: elaboración propia

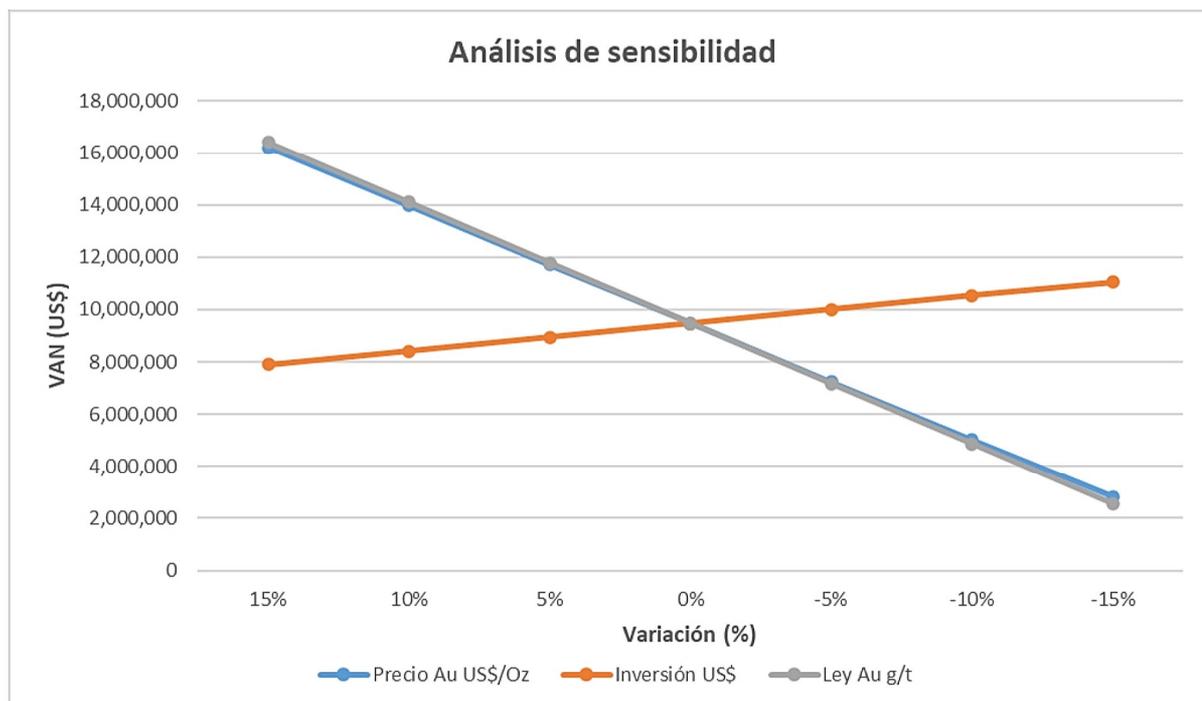


Ilustración 5. Análisis de sensibilidad

Fuente: elaboración propia

Según los resultados presentados en la tabla de análisis de sensibilidad, se observa que el Valor Actual Neto (VAN) se iguala a cero en los siguientes escenarios:

- ✓ Una disminución en el precio del oro a 1,208 US\$/onza, lo que representa una variación del -19.49%
- ✓ Un aumento en el CAPEX a 21,144,858 US\$, generando una variación del 90.01%.
- ✓ Una reducción en la ley del mineral marginal 2.01 g/t, con un cambio porcentual de -20.61%.

- **Simulación utilizando @Risk**

Para llevar a cabo la simulación @Risk, se utiliza un gráfico PERT que representa la distribución de probabilidad de cada variable de entrada. Este tipo de gráfico tiene la capacidad de representar la distribución de probabilidad de cada variable de entrada en la simulación, la cual combina información de tres estimaciones diferentes para cada valor: el valor más probable, el valor optimista y el valor pesimista. Usamos este gráfico porque consideramos que es una herramienta que permite visualizar y comprender la incertidumbre asociada a cada variable y cómo esta incertidumbre puede afectar los resultados del proyecto.

Los datos de entrada para esta simulación incluyen el precio del oro, la inversión inicial (capex) y la ley del material marginal. El precio del oro es un factor clave para la rentabilidad de un proyecto minero, ya que afecta directamente los ingresos generados por la producción de oro. El rango de variación se determina en base al pronóstico del periodo 2021 al 2025, según las recomendaciones del área de finanzas. Los intervalos se sitúan entre 1,231 US\$/onzas como mínimo y 2,025 US\$/onzas como máximo.

The screenshot shows a software interface for gold price analysis. At the top, there are navigation buttons: '<Back> to Return', 'Premium Commodity Research', 'Export', and 'Disclaimer'. Below this, the commodity is identified as 'Gold \$/t oz' with an 'As Of' date of '10/20/21'. The interface includes tabs for 'Quarterly Forecast' and 'Yearly Forecast', and sub-tabs for 'Overview', 'Curve Analysis', and 'Ranking'. The main data table is titled 'Firms' and is updated 'Last 6 Months'. It displays consensus forecasts for 2021 through 2025, including median, mean, high, and low values, as well as a forward price and a difference from the current median. A list of firms is provided below, each with its 'As Of' date and forecasted prices for the five-year period.

Consensus	Spot	As Of	2021	2022	2023	2024	2025
Median	10/20/21	1780.00	1718.75	1659.00	1620.00	1700.00	
Mean	10/20/21	1789.93	1731.07	1679.22	1612.14	1665.18	
High	10/20/21	1884.26	2025.00	1900.00	1750.00	1750.00	
Low	10/20/21	1716.70	1525.00	1452.50	1400.00	1550.00	
Forward	1785.19	10/20/21	1786.92	1776.80	1792.53	1830.35	1871.29
Diff (Median - Curr)			-6.92	-58.05	-133.53	-210.35	-171.29

Firm	As Of	2021	2022	2023	2024	2025
▶ Citigroup Inc	10/20/21	1778.00				
▶ Capital Economics Ltd	10/19/21	1780.00	1650.00	1580.00		
▶ Fitch Solutions	10/14/21	1780.00	1700.00	1650.00	1620.00	
▶ Market Risk Advisory Co Ltd	10/01/21	1788.75	1718.75	1712.50	1675.00	1700.00
▶ Intesa Sanpaolo SpA	09/21/21	1782.42	1700.00	1650.00	1600.00	1550.00
▶ Westpac Banking Corp	09/13/21	1779.00	1808.00	1759.00	1542.00	1588.91
▶ Landesbank Baden-Wuerttemberg	08/27/21	1850.00	1850.00	1900.00		
▶ Commerzbank AG	08/20/21	1825.00	2025.00			
▶ Australia & New Zealand Banking Group L...	08/16/21	1884.26	1740.00	1452.50	1400.00	
▶ Deutsche Bank AG	07/29/21	1754.00	1525.00	1659.00	1698.00	1737.00
▶ Laurentian Bank Securities	06/29/21	1761.00	1750.00	1750.00	1750.00	1750.00
▶ Emirates NBD PJSC	06/23/21	1716.70	1575.00			
▶ Toronto-Dominion Bank/Toronto	03/30/21	1838.00	1856.00			

Ilustración 6. Proyección 2021-2025

Fuente: Finanzas PODEROSA

La inversión inicial (capex) corresponde al costo de construcción y puesta en marcha del proyecto. El rango de variación se determinó consultando a proveedores de equipos y oscila entre 8.9 millones de US\$ y 20.1 millones de dólares.

Por último, la ley de corte es el contenido mínimo de oro necesario para que el material extraído sea económicamente rentable. El rango de variación se establece según las indicaciones del área de geología, con un mínimo de 2.05 g/t y un máximo de 5.00.

Una vez que se han establecido las distribuciones de probabilidad para cada variable de entrada, se procede a ejecutar la simulación @Risk. Esta simulación generará una distribución de probabilidad para la rentabilidad del proyecto, medida en términos de Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

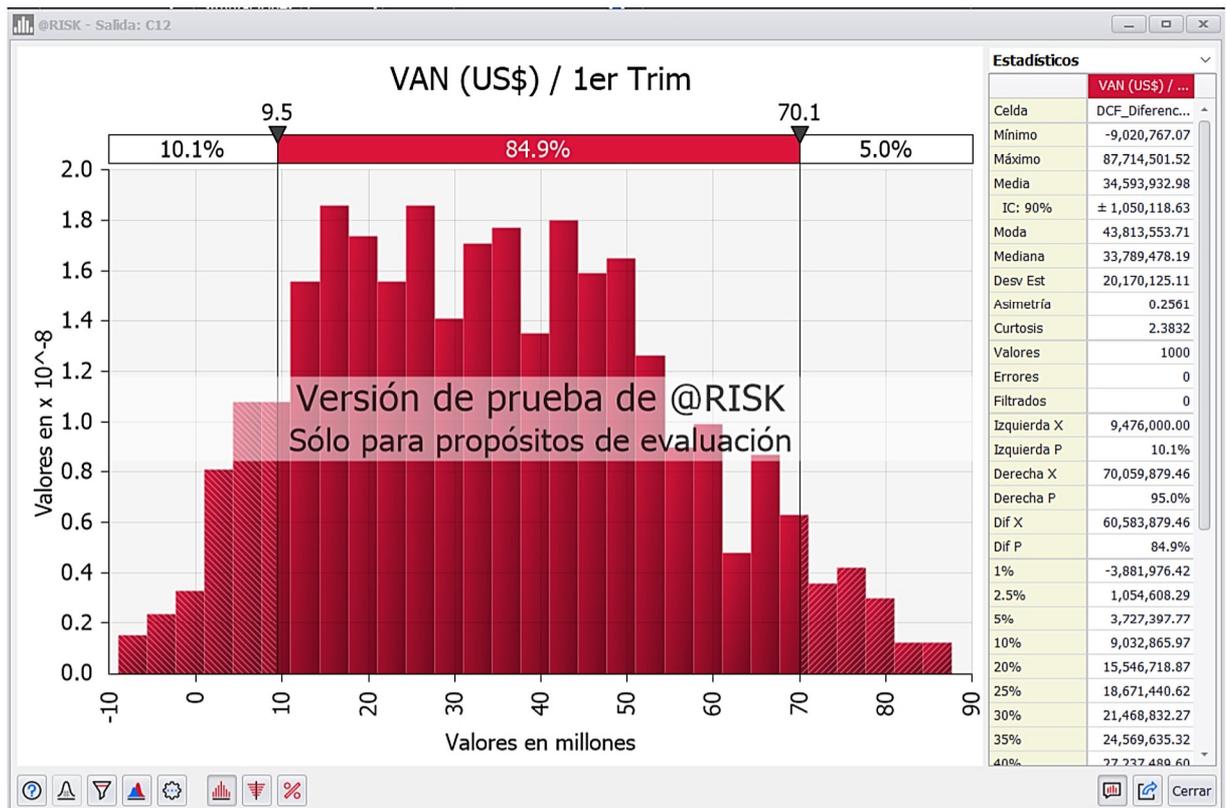


Ilustración 7. Resultados @Risk - VAN

Fuente: elaboración propia

El gráfico muestra que hay una probabilidad del 89.9% de que el VAN del proyecto sea mayor que 9,476,531 US\$.

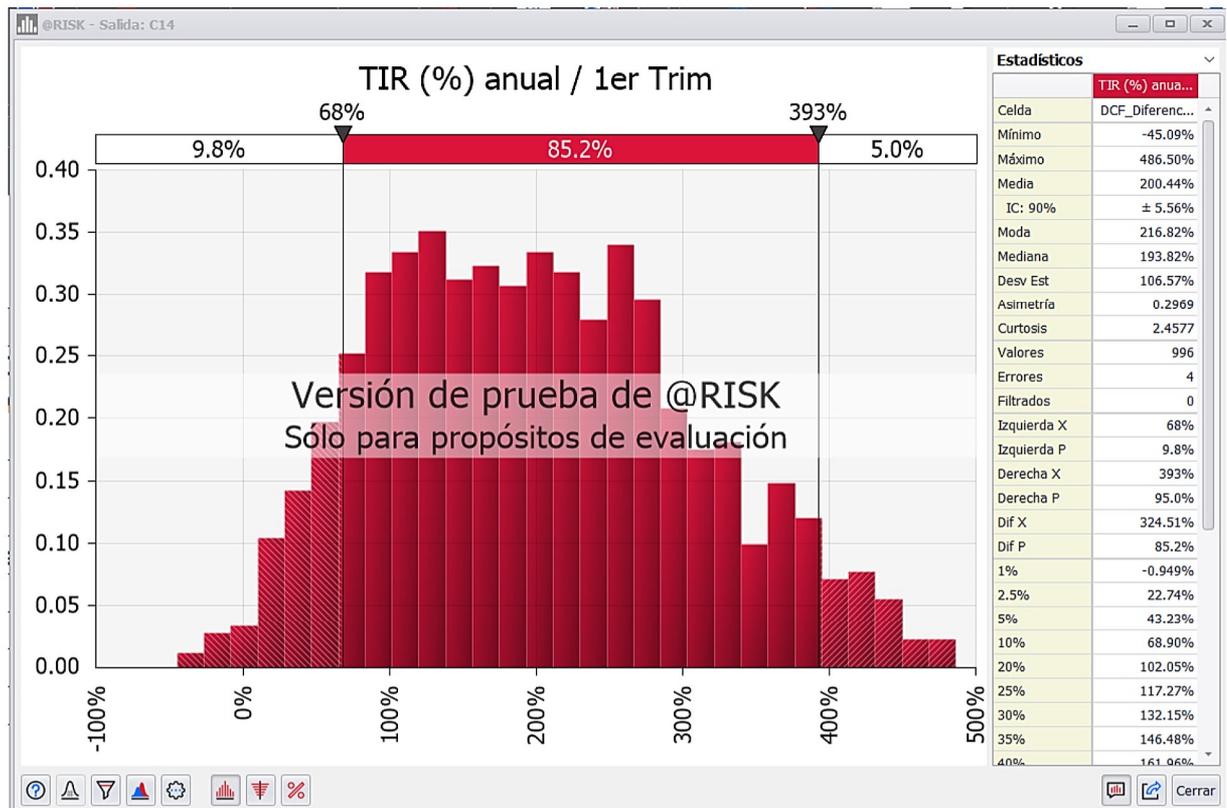


Ilustración 8. Resultados @Risk - TIR

Fuente: elaboración propia

El gráfico muestra que hay una probabilidad del 90.2% de que el TIR del proyecto sea mayor que 66%.

4.5 Riesgos asociados al proyecto

La implementación de una planta de clasificación de minerales (ore sorter) conlleva ciertos riesgos que deben ser considerados durante la planificación y ejecución del proyecto. Algunos de los riesgos asociados y acciones preventivas podrían incluir:

A. **Riesgo técnico:** existe la posibilidad de que la tecnología de clasificación de minerales no funcione según lo esperado, lo que podría resultar en una menor eficiencia de separación o problemas operativos. Por ejemplo, el material marginal contenga demasiado fino que no pase por el equipo.

Acción preventiva: se realizarán pruebas exhaustivas y pilotos antes de la implementación para comprender el rendimiento real de la tecnología de clasificación de minerales. Se trabajará en colaboración con los proveedores de tecnología para garantizar un entendimiento claro de las capacidad y limitaciones del equipo. Se realizará un análisis detallado de los tipos de minerales a clasificar para luego adaptar los ajustes del equipo según sea necesario.

B. **Riesgo de inversión:** el costo de adquisición e instalación de la planta de clasificación de minerales es significativo. Existe el riesgo de que los costos reales superen las estimaciones iniciales, lo que podría afectar el presupuesto del proyecto y su rentabilidad.

Acción preventiva: realizar una evaluación de costos exhaustiva que incluya estimaciones realistas de adquisición, instalación, posibles sobrecostos y contingencias. Contar con un equipo de gestión de proyectos experimentado para supervisar y controlar los gastos durante todas las fases del proyecto. Mantener un margen de seguridad en el presupuesto para hacer frente a posibles aumentos de costos.

C. **Riesgo operativo:** durante la operación de la planta, pueden surgir desafíos como averías en el equipo, necesidad de ajustes constantes, problemas de mantenimiento, escasez de suministros, entre otros. Estos factores pueden afectar la continuidad operativa y la eficiencia de la planta.

Acción preventiva: establecer un programa de mantenimiento preventivo y rutinas de inspección para detectar y resolver problemas potenciales antes de que afecten la operación. Capacitar al personal de operación y mantenimiento de manera adecuada y constante para

asegurarse de que estén preparados para abordar desafíos operativos. Mantener un inventario adecuado de repuestos críticos para minimizar el tiempo de inactividad en caso de averías.

- D. **Riesgo de personal:** la operación de la planta de clasificación de minerales requerirá personal adicional con habilidades y conocimientos especializados. Existe el riesgo de dificultades para reclutar, capacitar y retener a dicho personal.

Acción preventiva: identificar tempranamente las necesidades de personal especializado y comenzar el proceso de reclutamiento y capacitación con suficiente antelación. Ofrecer incentivos y programas de desarrollo profesional para retener al personal clave.

- E. **Riesgo de mercado:** los precios y la demanda de los minerales pueden ser volátiles, lo que podría impactar la rentabilidad del proyecto. Los cambios en las condiciones del mercado pueden influir en la viabilidad económica de la planta.

Acción preventiva: diversificar los clientes y mercados objetivo para reducir la dependencia de una única fuente de demanda. Realizar análisis de mercado periódicos para anticipar cambios en los precios y la demanda, y ajustar la estrategia.

- F. **Riesgo ambiental y regulatorio:** la implementación de una planta de clasificación de minerales debe cumplir con los requisitos ambientales y regulatorios establecidos por las autoridades competentes. Existen riesgos asociados a posibles incumplimientos normativos, sanciones legales o incumplimientos ambientales si no se gestionan adecuadamente.

Acción preventiva: contratar expertos en regulaciones ambientales para asegurarse de que la planta cumple con todas las normativas. Establecer proceso de gestión de residuos y control de emisiones para minimizar el impacto ambiental. Mantener una comunicación constante con las autoridades reguladoras y estar al tanto de posibles cambios en las regulaciones.

En el marco de la gestión de riesgos del proyecto, se han seguido una serie de etapas fundamentales: planificación, identificación, análisis, respuesta y control. En un esfuerzo por identificar los riesgos inherentes al proyecto, se ha contado con el respaldo del proveedor, lo que ha permitido listar exhaustivamente dichos riesgos. Asimismo, se han desarrollado y aplicado acciones correctivas dentro del ámbito de competencia de la empresa.

Con el objetivo de perfeccionar el análisis de estos riesgos, se ha empleado una representación gráfica conocida como “matriz de impacto vs probabilidad”. Esta herramienta abarca tanto el análisis cualitativo como el análisis cuantitativo de los seis riesgos identificados previamente.

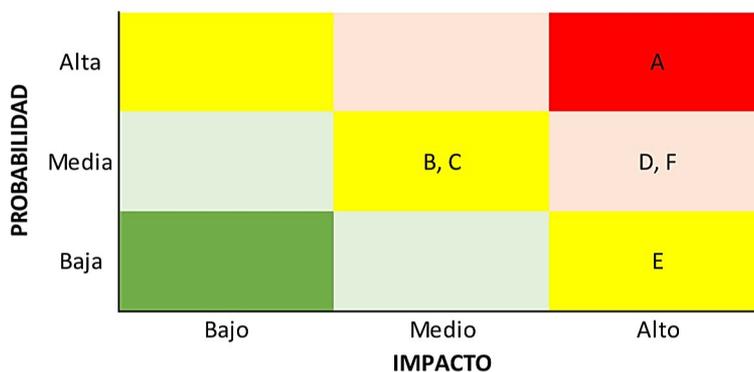


Ilustración 9. Gráfico impacto vs probabilidad

Fuente: elaboración propia

Se aprecia del gráfico que el punto A (riesgo técnico) es el más crítico debido a su alto impacto y a su alta probabilidad por lo que debemos considerar acciones correctivas para contrarrestar su criticidad como, por ejemplo, realizar pruebas piloto periódicamente, visitas a otras plantas de clasificación de mineral y asesoramiento con proveedores de los equipos.

Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Esta investigación ha demostrado que el aprovechamiento de los materiales marginales derivados del proceso de clasificación de minerales (ore sorting) ha logrado cubrir el déficit de la producción de mina. Al incorporar estos materiales previamente desaprovechados, se ha conseguido suplir el mineral faltante en las plantas de beneficio, dando como resultados una optimización significativa de la capacidad de tratamiento diario autorizado. Este enfoque ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia operativa y asegurar un flujo constante de mineral hacia las etapas de procesamiento, contribuyendo así al rendimiento general del proceso minero.
- Del análisis realizado en la tesis queda demostrada la hipótesis inicial, que efectivamente la implementación de un sistema de clasificación de minerales (ore sorting), genera valor para la empresa. El proyecto tiene un valor actual neto (VAN) superior al monto de inversión, el cual asciende a 9,477 mil US\$; asimismo, la tasa interna de retorno (TIR) asciende a 66%, superior a la tasa de descuento utilizada, por lo que el proyecto de implementación de una planta de clasificación de minerales (ore sorting) en PODEROSA es viable económicamente.
- Desde una perspectiva ambiental, la implementación de esta tecnología también conlleva beneficios significativos. La recuperación de minerales marginales y su transformación en productos valiosos reducirá la cantidad de desechos y material descartado, contribuyendo así a una gestión más sostenible de los recursos minerales.
- Los ensayos realizados en el laboratorio han arrojado resultados sólidos, demostrando el correcto funcionamiento del equipo de clasificación de minerales (ore sorter) en relación con el material extraído de la mina. Se ha logrado un aumento significativo en la ley

del mineral, elevándose de 3 a 4 veces en comparación con la ley de ingreso original.

- Es importante destacar que esta tecnología de clasificación de minerales (ore sorter) no solo ha demostrado su eficacia técnica, sino que también ha generado un valor significativo para la compañía. Aproximadamente el 52% del mineral de baja ley ha sido transformado en mineral económico gracias a la implementación de este sistema de clasificación.
- Las simulaciones de sensibilidad realizadas en Excel arrojan resultados valiosos acerca de la implementación del clasificador de minerales (ore sorter) para lograr un Valor Actual Neto (VAN) de 0. Se observa que el proyecto puede tolerar diversas variaciones en las condiciones:
 - Se puede enfrentar una reducción en el precio del oro de hasta 1,208 US\$/onzas, lo que equivale a una variación del -19.49%
 - Un aumento en el CAPEX de hasta 21,144,858 US\$, con una variación significativa del 90.01%.
 - La ley del mineral marginal puede reducirse hasta 2.01 g/t, con un cambio porcentual de -20.61%.
- Así mismo, las simulaciones realizadas mediante la herramienta @risk para analizar diferentes escenarios futuros refuerzan la perspectiva positiva del clasificador de minerales:
 - Existe una alta probabilidad del 89.9% de que el VAN del proyecto sea superior a 9,476,531 US\$.
 - Hay una probabilidad del 90.2% de que el TIR del proyecto supere el 66%.

Recomendaciones

- Una vez verificada la viabilidad del proyecto, se recomienda llevar a cabo su implementación, asegurando la asignación eficiente y puntual de los recursos necesarios.

- Con el propósito de garantizar el logro de los objetivos del proyecto, se sugiere que se asigne una persona encargada del proyecto. Esto garantizará la distribución y coordinación efectiva de recursos.
- Se recomienda la implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real para verificar el rendimiento de la planta de clasificación de mineral y detectar posibles problemas o desviaciones en el proceso.
- En la etapa preliminar, se debe continuar ajustando los parámetros de la planta para obtener más experiencia operativa y se recopilen datos para optimizar la calidad y recuperación del mineral.
- Contar con una colaboración efectiva entre las áreas de geología, operaciones mina y procesamiento planta, para abordar desafíos y oportunidades de mejora de manera continua.

Referencias Bibliográfica

- Arteaga Rodríguez, R., López Jimeno, C., Cámara Rascon, Á., Gutiérrez del Álamo, L. F., Montes Villalón, J. M., Roman Ortega, F., & De la Vega Panizo, R. (1991). *Manual de evaluación técnico-económica de proyectos mineros de inversión*. Instituto Tecnológico GeoMinero de España.
- Cardenas-Vera, A., Hesse, M., Möckel, R., Gerhard Merker, R., Heinig, T., & Van Phan, Q. (2022). Investigation of Sensor-Based sorting and selective comminution for pre-concentration of an unusual parisite-rich REE ore, South Namxe, Vietnam. *Minerals Engineering*, 177, 107371. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2021.107371>
- Gallegos Gutiérrez, A. R. (2017). *Evaluación económica de alternativas para la explotación y tratamiento de mineral marginal mediante "Ore Sorting" y lixiviación en pilas en U.P. Alpacay, Minera Yanaquihua S.A.C., Arequipa-Perú, 2017* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5061>
- Gülcan, E. (2020). A novel approach for sensor based sorting performance determination. *Minerals Engineering*, 146, 106130. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2019.106130>
- Hernández Blanco, L. J., & Gualdrón López, A. E. (2014). Estudio de valoración de empresas bajo el modelo de flujo de caja descontado. *Innovando En La U*, 5(6).

- Lessard, J., De Bakker, J., & McHugh, L. (2014). Development of ore sorting and its impact on mineral processing economics. *Minerals Engineering*, 65, 88-97. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2014.05.019>
- Lessard, J., Sweetser, W., Bartram, K., Figueroa, J., & McHugh, L. (2016). Bridging the gap: Understanding the economic impact of ore sorting on a mineral processing circuit. *Minerals Engineering*, 91, 92-99. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2015.08.019>
- Li, G., Klein, B., He, C., Yan, Z., Sun, C., & Kou, J. (2021). Development of a bulk ore sorting model for ore sortability assessment—Part II: Model validation and optimisation. *Minerals Engineering*, 172, 107143. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2021.107143>
- Li, G., Klein, B., Sun, C., & Kou, J. (2020). Applying Receiver-Operating-Characteristic (ROC) to bulk ore sorting using XRF. *Minerals Engineering*, 146, 106117. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2019.106117>
- Li, G., Klein, B., Sun, C., & Kou, J. (2021). Insight in ore grade heterogeneity and potential of bulk ore sorting application for block cave mining. *Minerals Engineering*, 170, 106999. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2021.106999>
- Manouchehri, H. R., Hanumantha Rao, K., & Forssberg, K. S. E. (1999). Changing potential for the electrical beneficiation of minerals by chemical pretreatment. *Mining, Metallurgy & Exploration*, 16(3), 14-22. <https://doi.org/10.1007/BF03402814>

- Reple, A., Chierigati, A. C., Valery, W., & Prati, F. (2020). Bulk ore sorting cut-off estimation methodology: Phu Kham Mine case study. *Minerals Engineering*, 149, 105498. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2018.08.006>
- Robben, C., Condori, P., Pinto, A., Machaca, R., & Takala, A. (2020). X-ray-transmission based ore sorting at the San Rafael tin mine. *Minerals Engineering*, 145, 105870. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2019.105870>
- Sapag Chain, N. (2014). *Preparación y evaluación de proyectos* (6a. ed). McGraw-Hill Education.
- Valdez, C. A. (s. f.). *Manual de matemática financiera: Texto, problemas y casos*.
- Vidarte, J. J. (s. f.). El flujo de caja descontado como la mejor metodología en la determinación del valor de una empresa. . . ISSN, 2.

Anexos

Anexo 1: Ley de corte PODEROSA

Se muestra el cálculo de la ley de corte proporcionada por PODEROSA donde se aprecia que las definiciones usadas por la compañía son- las siguiente: debajo de la ley de corte del costo de producción es considerada submarginal; entre la ley de costo total y ley de costo de producción es considerada marginal y encima de la ley de corte total es considerada mena.

Tabla 14

Ley de corte -2021

DESCRIPCIÓN	COSTO CONSOLIDADO (US\$)
EXPLORACIONES (US\$/TMT)	3.46
MINA (US\$/TMT)	101.87
PLANTA (US\$/TMT)	41.57
SERVICIOS GENERALES (US\$/TMT)	72.44
Costo de Producción (US\$/TMT)	219.34
COMERCIALIZACIÓN (US\$/TMT)	3.39
GASTOS ADMINISTRATIVOS (US\$/TMT)	40.32
SEGUROS (US\$/TMT)	6.62
FINANCIEROS (US\$/TMT)	4.84
COBERTURAS (US\$/TMT)	0.00
PARTICIPACIÓN EN VENTAS (US\$/TMT)	21.67
Regalías Mineras Ley 28258 (US\$/TMT)	28.99
EGRE. E INGR. EXTRAORDINARIOS (US\$/TMT)	-21.40
Costo No Operativo (US\$/TMT)	84.43
Costo Efectivo (US\$/TMT)	303.77
DEPRECIACIÓN (US\$/TMT)	17.36
AMORTIZACIÓN (US\$/TMT)	114.25
Costo Depreciación / Amortización (US\$/TMT)	131.61
Costo Total (US\$/TMT)	435.37
Inversiones (US\$/TMT)	211.78
RECUPERACIÓN PLANTA (%)	93.38%

LEY DE CORTE DEL COSTO DE PRODUCCIÓN	
Cotización US\$/Onza	g - Au / TMT
1,790	4.08
LEY DE CORTE DEL COSTO EFECTIVO	
Cotización US\$/Onza	g - Au / TMT
1,790	5.11
LEY DE CORTE DEL COSTO TOTAL	
Cotización US\$/Onza	g - Au / TMT
1,790	7.56
LEY DE CORTE DEL COSTO TOTAL + INVERSION	
Cotización US\$/Onza	g - Au / TMT
1,790	11.50

Fuente: PODEROSA

Anexo 2: Costo de transporte PODEROSA

El siguiente cuadro presenta los costos de mina correspondientes a los años 2020 y 2021. Al analizar los datos, se observa que al combinar los costos de transporte, tanto por volquete como por locomotora y cable carril, representan aproximadamente entre el 8% al 10% del costo total de la operación minera.

Tabla 15

Costo de mina – OPEX de PODEROSA

ACTIVIDAD	2020 (US\$)	%	2021 (US\$)	%
ROTURA	5,428,571		5,832,277	
AVANCE	2,829,066		4,200,202	
SOSTENIMIENTO	3,112,402		3,376,500	
EXTRACCION	2,210,921		2,936,628	
PERFORACION	2,391,957		2,165,705	
TRANPORTE POR VOLQUETES	1,481,583	4.5%	2,526,067	6.2%
VENTILACION	1,670,453		1,984,579	
SUPERVISION	1,558,425		2,073,024	
SERVICIOS COMPLEMENTARIOS	1,328,058		1,378,877	
TRANPORTE POR LOCOMOTORAS	1,237,709	3.7%	1,266,052	3.1%
LIMPIEZA	1,276,661		1,073,427	
INFRAESTRUCTURA	1,062,879		1,235,510	
TRANPORTE DE PERSONAL	879,884		1,069,203	
DISPOSICION Y CONTROL DE DESMONTE	557,369		1,335,046	
MUESTREO	838,416		1,002,974	
RELLENO HIDRAULICO	381,446		1,206,678	
TRANPORTE DE MATERIALES	667,515		638,885	
BOMBEO	452,363		693,449	

CLASIFICACIÓN DE MINERALES PARA CONVERTIR EL MINERAL MARGINAL EN
ECONÓMICO Y MEJORAR EL VALOR EN COMPAÑÍA MINERA PODEROSA S.A.

66

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	521,670		597,678	
TRANSPORTE SUMINISTROS - RUTA	451,520		519,216	
DESQUINCHE	388,333		253,206	
RELLENO MECANICO	234,972		237,220	
CONTROL DE EFLUENTES	178,510		287,678	
FABRICACION, INSTALACION, MODIFICACION	134,844		265,139	
MTTO Y CONSERVACIÓN DE VÍAS FÉRREAS EN INT MINA	185,478		137,079	
MUROS Y CIMIENTOS	123,718		164,222	
CUIDADO ESPECIAL DE INSTALACIONES	117,247		157,448	
MTTO Y CONSERVACIÓN DE VÍAS EN INT MINA	121,529		122,003	
CONTROL Y DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS	95,427		132,731	
SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES	22,343		195,691	
LABORES DE OFICINA	99,536		112,903	
BLOQUEO DE LABORES MINERAS	856		210,221	
MANTENIMIENTO DE CARRETERAS	91,688		89,223	
MANTEN. Y REPARACION DE EDIFICIOS	60,217		109,301	
SISTEMA DE INFORMACION GEOLOGICA	65,816		90,779	
CONTROL Y CALIDAD DE SUELOS	34,161		120,846	
DISEÑO	66,711		85,530	
OPERACION DE EQUIPOS	82,042		59,225	
VOLADURA	51,741		86,002	
CONTROL DE SEGURIDAD MINERA	52,954		79,054	
MTTO Y CONSERVACIÓN DE CUNETAS EN INT MINA	53,023		50,967	
AGUA	46,900		48,328	
GESTION DE RECURSOS HUMANOS	37,126		52,802	
VIGILANCIA INTERNA	43,657		39,271	
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	35,883		45,670	
TRANSPORTE POR CABLE CARRIL	51,380	0.2%	19,243	0.0%
OTROS	232,149		159,638	
Total general	33,047,111	8.4%	40,523,399	9.4%

Fuente: PODEROSA

Anexo 3: Producción material marginal

De acuerdo con la información proporcionada por el área de geología, se estima que se dispone de 359,044 toneladas de material marginal que fueron descartadas en los depósitos de desmonte durante el año 2020 debido a su ley por debajo del mínimo de corte económico. Utilizando estos datos, hemos calculado que aproximadamente hay 1,000 toneladas por día de material marginal disponible como alimentación para la planta de clasificación de minerales (ore sorting).

La cantidad total de 359,044 toneladas se divide entre los 365 días del año, lo que resulta en promedio de 1,000 toneladas por día (tpd) de material marginal disponible para su procesamiento mediante el ore sorting. Esta estimación nos proporciona una base sólida para planificar y dimensionar la capacidad de la planta de clasificación, considerando la cantidad de material marginal que se espera procesar diariamente.

Tabla 16

Producción material marginal

UNIDAD PRODUCCION	VETA	Tonelaje TMS	Porcentaje (%)	Ley Au g/TMS	Finos (g)	Finos (oz)
SANTA MARIA	BRIANA	31,028	8.6%	2.64	81,835	2,631
	CRISTINA	2,956	0.8%	0.72	2,114	68
	GUADALUPE	46,555	13.0%	1.82	84,522	2,717
	JULIE	15,712	4.4%	2.89	45,359	1,458
	MANZANOS	4,437	1.2%	2.74	12,161	391
	SAMY	232,596	64.8%	2.73	635,654	20,437
	SAN FRANCISCO	674	0.2%	1.90	1,283	41
	SAN VICENTE	19,878	5.5%	1.71	33,971	1,092
	VIRGINIA	5,208	1.5%	2.42	12,627	406
Total General		359,044	100.0%	2.53	909,526	29,242

Fuente: Geología PODEROSA

Vida útil de mina

Para el 2021 la vida útil de la mina es de 2.90 años a un ritmo de producción anual de 482,575 toneladas

$$\frac{\text{Toneladas Reservas (TMS)}}{\text{Tratado (TMS)}} = \frac{1,398,736}{482,575} = 2.90 \text{ Años}$$

Considerando el aumento de 359,044 toneladas de reservas, la vida útil de mina aumentaría a 3.64 años

$$\frac{\text{Toneladas Reservas (TMS)}}{\text{Tratado (TMS)}} = \frac{1,757,780}{482,575} = 3.64 \text{ Años}$$

Anexo 4: Análisis de malla del material marginal

Se llevaron a cabo pruebas utilizando el material marginal en su estado original, directamente después de la extracción en la mina. Durante estas pruebas, se realizaron análisis granulométrico y mediciones de leyes de oro (Au) y plata (Ag). Los resultados muestran que el contenido de mineral con tamaño mayor a 3/8" representa el 74.19% del total, con un contenido de Au del 62.62% y un contenido de Ag del 78.96%. Por otro lado, el producto con tamaño menor a 3/8" representa el 25.81% restante, con un contenido de Au de 37.38% y un contenido de Ag del 21.04%.

Estas pruebas desempeñan un papel importante en la comprensión del material marginal que será sometido al proceso de clasificación de minerales (ore sorting). Es fundamental adquirir una comprensión de la distribución granulométrica para determinar el porcentaje de peso del material que podrá ser procesado por el equipo. Esto es particularmente relevante considerando que el límite se encuentra en -10 mm.

CLASIFICACIÓN DE MINERALES PARA CONVERTIR EL MINERAL MARGINAL EN ECONÓMICO Y MEJORAR EL VALOR EN COMPAÑÍA MINERA PODEROSA S.A.

Otro factor importante es la ley del material. Si la ley es demasiado baja, la viabilidad de someterlo a la clasificación se ve cuestionada, ya que es improbable que alcance niveles económicos rentables para su posterior tratamiento en la planta. Adicionalmente, estas pruebas nos permiten identificar que la fracción fina de nuestro material posee una ley más elevada en comparación con el resto del material granulométrico.

Tabla 17

Análisis granulométrico de material marginal

MINERAL MARGINAL							Ley (g/t)		Distribución (%)		Distribución (%) Ac (+)	
MALLA	ABERTURA (um)	ABERTURA (mm)	PESO (g)	% PESO	Ac (+)	Ac (-)	Au (g/t)	Ag (g/t)	Au	Ag	Au	Ag
3"	75,000	75.00	10,836.0	10.71%	10.71%	89.29%	1.07	6.26	6.15%	10.66%	6.15%	10.66%
2"	50,800	50.80	14,519.9	14.36%	25.07%	74.93%	3.27	16.46	25.19%	37.55%	31.34%	48.21%
+1 1/2"	38,100	38.10	10,496.3	10.38%	35.45%	64.55%	1.27	7.46	7.07%	12.30%	38.41%	60.51%
+1 1/4"	31,500	31.50	8,239.5	8.15%	43.59%	56.41%	1.13	5.74	4.94%	7.43%	43.35%	67.94%
+1"	25,400	25.40	6,526.4	6.45%	50.05%	49.95%	1.27	2.66	4.40%	2.73%	47.75%	70.67%
+3/4"	19,050	19.05	9,927.4	9.82%	59.86%	40.14%	1.07	2.53	5.63%	3.95%	53.38%	74.62%
+1/2"	12,700	12.70	9,547.9	9.44%	69.30%	30.70%	1.27	1.93	6.43%	2.90%	59.81%	77.51%
+3/8"	9,525	9.53	4,945.3	4.89%	74.19%	25.81%	1.07	1.86	2.81%	1.45%	62.62%	78.96%
+1/4"	6,350	6.35	5,952.1	5.88%	80.08%	19.92%	2.07	2.53	6.54%	2.37%	69.16%	81.32%
+m4	4,650	4.65	2,624.7	2.60%	82.67%	17.33%	1.73	3.40	2.41%	1.40%	71.56%	82.72%
+m10	1,500	1.50	5,168.2	5.11%	87.78%	12.22%	1.60	4.00	4.39%	3.25%	75.95%	85.97%
+m50	300	0.30	5,810.3	5.74%	93.53%	6.47%	2.87	3.13	8.85%	2.86%	84.80%	88.83%
+m100	1,500	1.50	1,418.8	1.40%	94.93%	5.07%	5.10	11.00	3.84%	2.45%	88.64%	91.28%
+m200	75	0.08	1,137.4	1.12%	96.05%	3.95%	6.20	10.90	3.74%	1.95%	92.38%	93.23%
+m400	37	0.04	793.5	0.78%	96.84%	3.16%	6.30	12.10	2.65%	1.51%	95.03%	94.74%
-m400			3,198.5	3.16%	100.00%	0.00%	2.93	10.47	4.97%	5.26%	100.00%	100.00%
Calculada			101,142.2				1.86	6.29				

Fuente: Planta PODEROSA

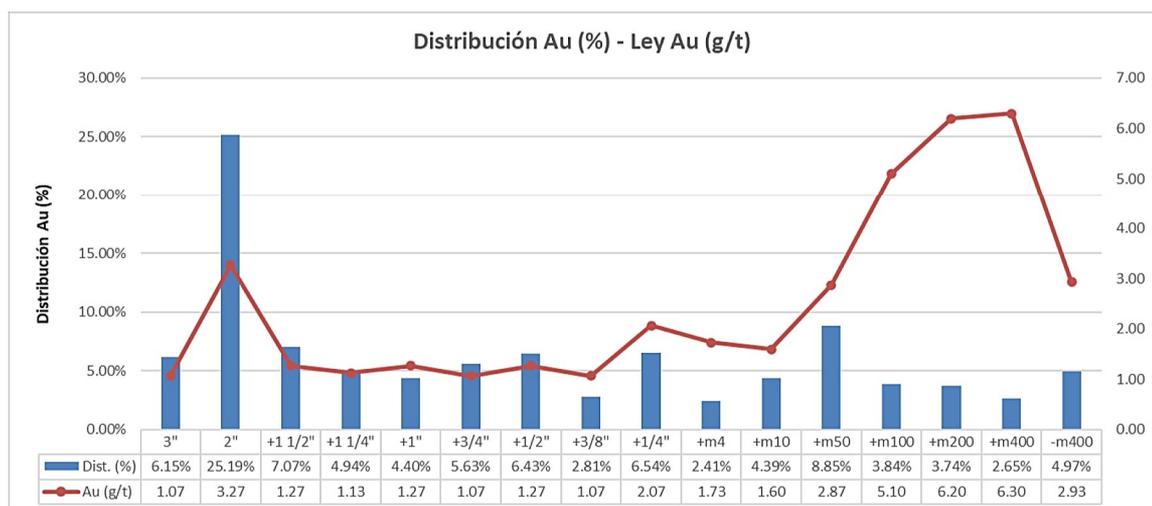


Ilustración 10. Distribución de masa y ley

Fuente: Planta PODEROSA

Anexo 5: Resultados de pruebas de clasificación de mineral (ore sorter)

En este anexo, se exponen los resultados obtenidos a través de las pruebas del material marginal de la empresa llevadas a cabo en colaboración con el proveedor. Estas pruebas se realizaron tras el proceso de chancado, reduciendo el tamaño a dos granulometrías: -90 + 30 mm, y -30 + 10- mm.

La relevancia de estas pruebas radica en su capacidad para proporcionar una evaluación integral del comportamiento del material en concordancia con el equipo de procesamiento. Además de ofrecer una visión del aumento en la ley del material como resultado de la clasificación, estas pruebas nos ayudan en la identificación de una granulometría óptima. De manera similar, arrojan luz sobre el porcentaje de masa que puede ser recuperado exitosamente. Estos aspectos colectivos contribuyen significativamente a la toma de decisiones informadas y eficientes en el proceso de clasificación y procesamiento de minerales.

Santa Maria – Marginal -30 +10mm **STEINERT** 

Opportunity No.:		11550			Lab: 675				
Customer:		Minera Poderosa			Santa Maria Marginal				
-30 +10mm					Date: 8/21/2018				
Test No.	Setting	Total Sample kg	Feed Au g/t	Product kg	Mass Recovery %	Product Au g/t	Au Recovery %	Waste kg	Waste Au g/t
132.1	Step 1	548.5	1.72	11.0	2.0%	57.00	66.4%	537.5	0.59
132.2	Step 2	548.5	1.72	37.2	6.8%	18.74	73.9%	511.3	0.48
132.3	Step 3	548.5	1.72	67.6	12.3%	10.80	77.3%	480.9	0.44
132.4	Step 4	548.5	1.72	201.0	36.6%	3.84	81.9%	347.5	0.49
132.5	Step 5	548.5	1.72	350.0	63.8%	2.37	88.0%	198.5	0.57

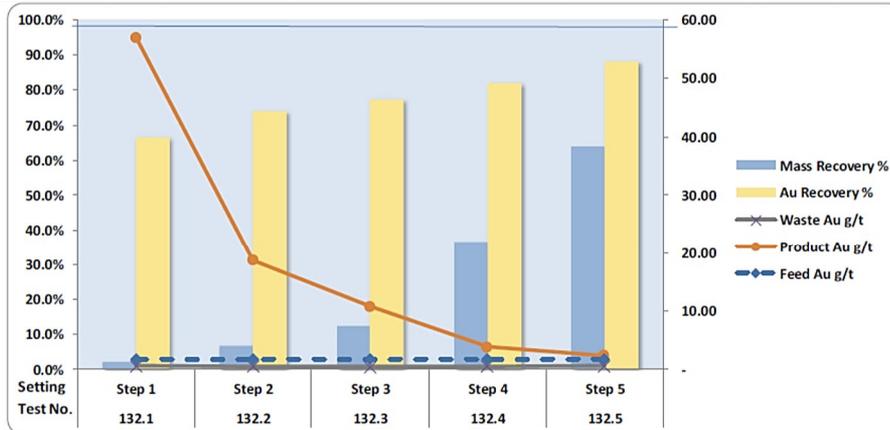


Ilustración 11. Resultado pruebas de -30+10 mm

Fuente: Proveedor

Santa Maria – Marginal -90 +10mm

Opportunity No.: 11550		Lab: 675							
Customer: Minera Poderosa		Santa Maria Marginal							
-90 +30mm		Date: 8/21/2018							
Test No.	Setting	Total Sample kg	Feed Au g/t	Product kg	Mass Recovery %	Product Au g/t	Au Recovery %	Waste kg	Waste Au g/t
131.1	Step 1	1,039.0	2.02	161.5	15.5%	9.41	72.5%	877.5	0.66
131.2	Step 2	1,039.0	2.02	318.0	30.6%	5.31	80.5%	721.0	0.57
131.3	Step 3	1,039.0	2.02	482.0	46.4%	3.77	86.7%	557.0	0.50
131.4	Step 4	1,039.0	2.02	721.0	69.4%	2.66	91.6%	318.0	0.55
131.5	Step 5	1,039.0	2.02	879.0	84.6%	2.24	93.9%	160.0	0.80

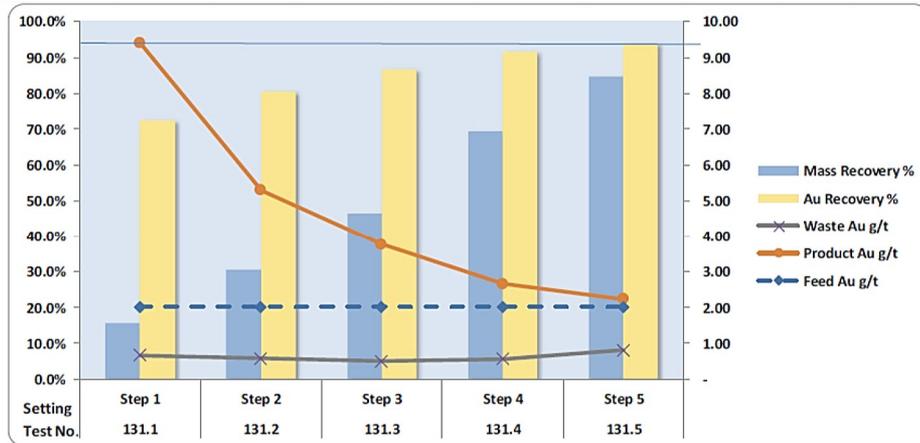


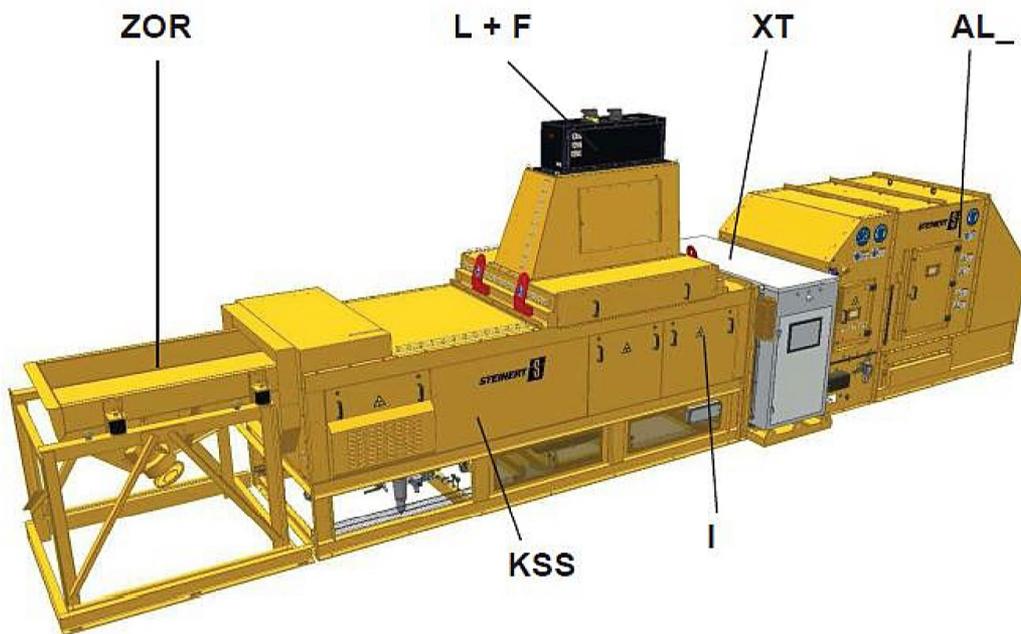
Ilustración 12. Resultado pruebas de -90+10 mm

Fuente: Proveedor

Anexo 6: CAPEX – Cotizaciones

En este anexo se presentan las cotizaciones más relevantes enviadas por los proveedores de los equipos, los cuales corresponden al CAPEX para la implementación de una planta de clasificación de minerales.

Equipo ore sorter



Material infeed.....	ZOR
Metal sensor/ Induction	I
Laser module = Laser camera/ Laser	L
Color camera	F
X-ray scanner.....	XT
Lead glass..... for the “mining version”, the viewing glass is provided with a protective plate	
Material discharge.....	AL_
Control unit (not shown).....	STXSS

1. **Material infeed (Alimentación de material):** este es el punto de entrada del material a ser clasificado. Puede consistir en una tolva o cinta transportadora que introduce el material en el proceso de clasificación.
2. **Metal sensor/induction (Sensor de metal/inducción):** este componente está diseñado para detectar la presencia de metales en el material. Utiliza principios electromagnéticos de inducción para identificar objetos metálicos en el flujo de material. Su función es separar los materiales con contenido metálico del resto para su posterior procesamiento.
3. **Laser module/laser/camera/ laser (Módulo de láser):** esta es una tecnología de clasificación óptica que utiliza un láser para iluminar el material. La cámara láser captura las imágenes resultantes. Basado en la reflexión de luz láser, el sistema puede diferenciar entre diferentes propiedades del material, como la reflectividad y la textura.
4. **Color camera (Cámara de color):** la cámara de color captura imágenes en color del material en movimiento. Estas imágenes pueden usarse para detectar diferencias de color en el material y así identificar y clasificar diferentes minerales o materiales basados en su color característico.
5. **X-ray Scanner (Escáner de rayos X):** el escáner de rayos X emite radiación de rayos X a través del material. Diferentes minerales o elementos absorben rayos X de manera única, lo que permite identificar y separar materiales en función de su composición química y densidad. Esto es particularmente útil para detectar minerales o elementos específicos en el interior del material.
6. **Lead glass (Vidrio plomado, para la “versión minera”):** en la versión mineral del ore sorter, se puede utilizar vidrio plomado (vidrio con contenido de plomo) como una forma de protección contra la radiación emitida por el escáner de rayos X. Esto ayuda a minimizar la

exposición de los operadores a la radiación durante el proceso de clasificación.

- 7. Material discharge (descarga de material):** una vez que el material ha sido clasificado según sus propiedades, el componente de descarga se encarga de separar y dirigir los diferentes tipos de materiales a sus respectivos destinos.

Equipo de clasificación de mineral (ore sorter)

Commercial Proposal

Item	Description	Qty	Unit Price (EUR)	Total Price (EUR)
1.0	KSS 100 MS XT	01	700.000,00	700.000,00
2.0	KSS 200 MS XT	01	1.000.000,00	1.000.000,00
3.0	Semi Mobile Sensor Based Sorting System	01	1.300.000,00	1.300.000,00

Compresoras y periféricos

CONDICIONES COMERCIALES:

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	PRECIO UNIT US\$	PRECIO TOTAL US\$
1	Compresor de Aire tipo Tornillo Trifasico, Modelo RS300i-A-145 Marca : Ingersoll Rand Potencia 400HP,	2	250,000.00	500,000.00
2	Secador de Aire de masa Termica Modelo NVC1200 Marca : Ingersoll Rand	1	48,000.00	48,000.00
3	Filtro de Aire del tipo proposito general, Modelo FA2300IG Marca : Ingersoll Rand	1	2,900.00	2,900.00
4	Filtro de Aire del tipo carbon Activado, Modelo FA2300IH Marca : Ingersoll Rand	1	2,900.00	2,900.00
5	Tanque de Almacenamiento Vertical Capacidad: 1060Gl Marca : Ingersoll Rand	1	15,000.00	15,000.00
			TOTAL US\$	568,800.00

NOTA

Colector de polvo

1.4.- SUPERVISION PARA ARRANQUE Y PUESTA EN MARCHA DEL COLECTOR DE POLVOS	\$2,916.67	1	\$2,916.67
4.- INGENIERIA <ul style="list-style-type: none"> INGENIERIA DE DETALLE PLANOS DE DISEÑO PARA LA FABRICACIONES DEL SISTEMA DE COLECCION MANUAL DE INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE LOS COLECTORES DE POLVOS DOSSIER DE CALIDAD DEL COLECTOR DE POLVOS 	\$1,708.50	1	\$1,708.50
Sub Total (USD) Colector Principal			\$314,069.58
TOTAL, SIN IGV:			\$314,069.58

CLASIFICACIÓN DE MINERALES PARA CONVERTIR EL MINERAL MARGINAL EN
ECONÓMICO Y MEJORAR EL VALOR EN COMPAÑÍA MINERA PODEROSA S.A.

77

Equipos eléctricos

Item	Cantidad	Descripción	Precio unitario	Total línea
9.0	1	TRANSFORMADOR SECO SSAA 20KVA, 230V TAG: 1000-XFL-001	7,500.00	7,500.00
10.0	1	UPSS SISTEMA INTERRUMPIDO DE ENERGÍA 5KVA TAG: 1000-UUP-001	11,200.00	11,200.00
TOTAL VALOR VENTA (USD)				503,200.00

Chancadora

Item	Material	Cantidad	Descripción	Precio unitario	Total línea
Información detallada		Plazo de Entrega			
000050	TTH4142-003	1 C/U	HORIZ.SCREEN TRIO-TTH4142 W/MOT.25HP	94,337.00	94,337.00

Precio Bruto		339,190.00
IGV	18%	61,054.20
Precio Neto	USD	400,244.20

Fajas transportadoras

OFERTA ECONÓMICA

ITEM	DESCRIPCION	TAG	DIMENSION			CANT.	UNIDAD	UNIT COST (us\$)	TOTAL (us\$)
			ANCHO mm (inch)	LONGITUD H. (m)	ALTURA (m)				
1	Faja Transportadora	1100-CB-101	610 (24")	13.49	2.47	1	un	57,784.00	57,784.00
2	Faja Transportadora	1100-CB-102	610 (24")	38.33	10.89	1	un	134,030.00	134,030.00
3	Faja Transportadora	1100-CB-103	457 (18")	45.60	12.80	1	un	127,718.00	127,718.00
4	Faja Transportadora	1100-CB-104	457 (18")	58.42	16.67	1	un	147,695.00	147,695.00
5	Faja Transportadora	1100-CB-105	457 (18")	36.10	5.00	1	un	94,138.00	94,138.00
6	Faja Transportadora	1100-CB-106	457 (18")	8.70	0.00	1	un	46,855.00	46,855.00
7	Faja Transportadora	1200-CB-201	457 (18")	9.00	1.95	1	un	44,430.00	44,430.00
8	Faja Transportadora	1200-CB-202	457 (18")	15.07	4.25	1	un	57,623.00	57,623.00
9	Faja Transportadora	1200-CB-203	457 (18")	9.57	2.75	1	un	51,224.00	51,224.00
10	Faja Transportadora	1200-CB-204	457 (18")	40.20	11.57	1	un	126,297.00	126,297.00
11	Faja Transportadora	1200-CB-205	457 (18")	40.20	11.57	1	un	126,297.00	126,297.00
12	Belt Feeder	1200-BF-001	610 (24")	4.00	0.00	1	un	69,629.00	69,629.00
VALOR TOTAL (US \$)								1'083,720.00	

Anexo 7: Contingencias

De acuerdo con las recomendaciones del proveedor, se ha elaborado el siguiente cuadro de contingencias, el cual contempla situaciones imprevistas que podrían representar un 8% adicional en el costo de inversión del proyecto. Estas contingencias se han incluido como medida de precaución para hacer frente a posibles desviaciones en el presupuesto inicial y garantizar la ejecución del proyecto.

Tabla 18

Contingencias del proyecto

CONTINGENCIAS			
Ítem	Disciplinas	%	OBSERVACIONES
1	Mecánica	10%	-Costo de equipos mayores con cotizaciones preliminares. -Costo de equipos menores referente a a proyecto similares -Por sincerar costos finales de equipos con proveedor. -Adicionales por imprevistos
2	Civil	8%	-Metrados en base a planos desarrollados con cálculos de equipos similares. -Costos en base a proyecto similares. -Por sincerar metrado con cálculos de equipos de proveedor. -Por realizar ajuste a los costos por el mejoramiento del terreno de ser requerido
3	Estructural	7%	-Metrados en base a planos desarrollados con cálculos de equipos similares. -Costos en base a proyecto similares. -Por sincerar metrado con cálculos de equipos del proveedor -Por sincerar costo con cotizaciones de proveedor.
4	tubería	6%	-Metrados en base a diseño mecánico. -Costos en base a proyecto similares.
5	Eléctrica	10%	-Costo de equipos mayores con cotizaciones y experiencia del proveedor. -Montajes de equipos estimado de proyecto similares -Por definir costos con planos final del proveedor de equipos eléctricos.
6	Instrumentación	9%	-Costo de equipos de proyectos similares y experiencia del proveedor -Montajes de equipos estimado de proyecto similares
Promedio general		8%	

Fuente: Proveedor

Anexo 8: Costo de operación de PODEROSA

A continuación, se muestra el desglose de los costos de operación de la mina para cada trimestre al cierre del año 2021. Se presentan dos escenarios: sin proyecto y con proyecto. Estos datos fueron proporcionados por el área de finanzas de la mina, y las estimaciones para el escenario con clasificación de minerales se basa en información suministrada por proveedores especializados.

Tabla 19

Costo de operación sin clasificación de minerales (ore sorting)

Poderosa	1er Trim.	2do Trim.	3er Trim.	4to Trim.	Acum.
	\$	\$	\$	\$	\$
Costo Producción Operación Minera					
- Exploraciones	321,020	324,587	331,721	324,587	1,301,915
- Costo de Mina	20,075,052	20,298,108	20,744,220	20,298,108	81,415,487
- Procesamiento	4,929,784	4,984,559	5,094,110	4,984,559	19,993,013
- Costo de Servicios Generales	8,739,146	8,836,248	9,030,451	8,836,248	35,442,093
- Acopio de mineral	15,113,984	15,281,917	15,617,784	15,281,917	61,295,603
Total Costo Producción	49,178,986	49,725,419	50,818,286	49,725,419	199,448,111
- Depreciación	2,213,654	2,238,251	2,287,443	2,238,251	8,977,599
- Amortización	14,735,072	14,898,795	15,226,241	14,898,795	59,758,904
Costo Producción+Depr+Amort	66,127,713	66,862,465	68,331,970	66,862,465	268,184,614
Costo Administrativos	11,043,400	11,166,104	11,411,513	11,166,104	44,787,122
COSTO EFECTIVO TOTAL	60,222,386	60,891,524	62,229,799	60,891,524	244,235,233

Fuente: finanzas PODEROSA

Es importante destacar que los costos presentados son estimaciones y están sujetos a posibles variaciones. Cabe mencionar que el escenario con clasificación de minerales contempla los gastos adicionales asociados con la implementación y operación de la planta de clasificación, como el costo de mano de obra, consumo de energía, mantenimiento de equipos, suministros, entre otros.

CLASIFICACIÓN DE MINERALES PARA CONVERTIR EL MINERAL MARGINAL EN
ECONÓMICO Y MEJORAR EL VALOR EN COMPAÑÍA MINERA PODEROSA S.A.

80

Tabla 20

Costo de operación con clasificación de minerales (ore sorting)

Poderosa	1er Trim. \$	2do Trim. \$	3er Trim. \$	4to Trim. \$	Acum. \$
Costo Producción Operación Minera					
- Exploraciones	348,500	352,373	360,117	352,373	1,413,363
- Costo de Mina	21,188,592	21,424,020	21,894,878	21,424,020	85,931,510
- Procesamiento	5,351,786	5,411,250	5,530,179	5,411,250	21,704,466
- Costo de Servicios Generales	9,487,239	9,592,653	9,803,481	9,592,653	38,476,026
- Acopio de mineral	16,405,183	16,587,463	16,952,023	16,587,463	66,532,132
- Ore Sorter	172,240	174,154	177,982	174,154	698,530
Total Costo Producción	52,953,541	53,541,913	54,718,659	53,541,913	214,756,026
- Depreciación	2,403,149	2,429,851	2,483,254	2,429,851	9,746,104
- Amortización	15,996,432	16,174,170	16,529,646	16,174,170	64,874,418
Costo Producción+Depr+Amort	71,353,122	72,145,934	73,731,559	72,145,934	289,376,548
Costo Administrativos	11,988,743	12,121,951	12,388,368	12,121,951	48,621,014
COSTO EFECTIVO TOTAL	64,942,284	65,663,865	67,107,027	65,663,865	263,377,040

Fuente: finanzas PODEROSA