

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



**T E S I S**

**Aplicación de método de minado hundimiento de bloques para la extracción del mineral de baja ley en la mina Chipmo de la UEA.**

**Orcopampa - compañía de minas Buenaventura S.A.A.**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero de Minas**

**Autor:**

**Bach. Luis Fernando CHAMORRO CANTARO**

**Asesor:**

**Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA**

**Cerro de Pasco – Perú - 2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



**T E S I S**

**Aplicación de método de minado hundimiento de bloques para la extracción del mineral de baja ley en la mina Chipmo de la UEA.**

**Orcopampa - compañía de minas Buenaventura S.A.A.**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

Mg. Joel Enrique OSCUVILCA TAPIA

**PRESIDENTE**

---

Mg. Vicente César DÁVILA CÓRDOVA

**MIEMBRO**

---

Mg. Wenceslao Julio LEDESMA VELITA

**MIEMBRO**



**Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión**  
**Facultad de Ingeniería de Minas**

**Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas**



Firmado digitalmente por CONDOR  
SURCHAGUI, Santa SIVA FAU  
20154625046 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 15.11.2024 08:48:52 -05:00



## **INFORME DE ORIGINALIDAD N° 057 -2024**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Originality, que a continuación se detalla:

Presentado por:

**Bach. Luis Fernando CHAMORRO CANTARO**

Escuela de Formación Profesional  
**Ingeniería de Minas**

Tipo de trabajo:  
**Tesis**

Título del trabajo  
**Aplicación de método de minado hundimiento de bloques para la extracción del mineral de baja ley en la mina Chipmo de la UEA. Orcopampa - compañía de minas Buenaventura S.A.A.**

Asesor:  
**Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA**

Índice de Similitud: **19 %**

Calificativo  
**APROBADO**

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 14 de noviembre de 2024.

Sello y Firma del responsable  
de la Unidad de Investigación

## **DEDICATORIA**

A mi madre Olga Cantaro Rojas, a mi padre Diomedes Chamorro Jorge que a lo largo de este arduo camino, me apoyaron incondicionalmente, gracias a ellos estoy escalando un peldaño más de este camino interminable.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Dios por darme fuerzas y sabiduría para superar día a día en mi formación académica.

Así mismo quiero agradecer a mi asesor de Tesis el Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA, que, con sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para la culminación de esta tesis.

## RESUMEN

Compañía Minera Buenaventura S.A.A., requiere Aplicar el Método de Minado Hundimiento de Bloques para la Extracción del Mineral de Baja Ley en la Mina Chipmoen la UEA. Orcopampa, La investigación sobre la construcción de bloques se basa principalmente en estándares técnicos y económicos establecidos, sin tener en cuenta los posibles cambios en los costos durante el proyecto.

Debido a que los costos influyen en la valorización de los bloques y, por lo tanto, en la altura de columna ideal en un hundimiento de bloques, es necesario evaluar si un análisis más exhaustivo de los mismos podría afectar las reservas mineras.

Debido a esto, esta investigación desarrolla y evalúa los efectos de los costos fijos y variables en la planificación de hundimiento de bloques. En este estudio, se plantea diferenciar detalladamente los costos operativos en costos fijos y costos variables (o sea, dependientes del tonelaje de producción). El modelado se realiza mediante la herramienta de planificación del Minería de Datos. Esta herramienta facilita la elaboración de esquemas y esquemas de producción tanto para la metodología sugerida como para un caso base elaborado por la metodología convencional, posibilitando de esta manera la comparación de ambos casos.

Al implementar la propuesta técnica en un escenario de operación real, se determinó que el plan de producción sugirió no evidenció un incremento notable en su valor económico (+1.25%), pero presentó una ley de corte levemente más baja (0.006%), lo que derivó en 5 millones de toneladas adicionales y un período de producción extendido (21 en vez de 20 años).

**Palabras clave:** Método de Minado, Hundimiento de Bloques, Extracción de Mineral, Baja Ley.

## ABSTRACT

Compañía Minera Buenaventura S.A.A., requires the Application of the Block Sinking Mining Method for the Extraction of Low Grade Mineral in the Chipmo Mine in the UEA. Orcopampa, Research on block construction is mainly based on established technical and economic standards, without taking into account possible changes in costs during the project.

Because costs influence the valuation of blocks and, therefore, the ideal column height in a block caving, it is necessary to evaluate whether a more exhaustive analysis of these could affect mining reserves.

Based on the above, this Research develops and evaluates the impact that fixed and variable costs have on Block Sinking planning. The methodology proposed for this research is to separate operating costs in detail into fixed costs and variable costs (that is, dependent on production tonnage). The modeling is carried out using the Data Mine Planning tool, which allows generating drawings and production plans for both the proposed methodology and a base case developed using the traditional methodology and thus being able to compare both cases.

When implementing the technical proposal in a real operation scenario, it was determined that the suggested production plan did not show a notable increase in its economic value (+1.25%), but presented a slightly lower cut-off grade (0.006%), which which resulted in 5 million additional tons and an extended production period (21 instead of 20 years).

**Keywords:** Mining Method, Block Sinking, Mineral Extraction, Low Grade.

## INTRODUCCION

Compañía de Minas Buenaventura S.A. a través del Área de Planificación Minera, viene realizando el análisis del Método de Minado Hundimiento de Bloques para ser aplicada en la Mina Chipmo, mediante metodologías que consideran parámetros técnicos y económicos constantes para poder evaluar la extracción del mineral de Baja Ley. Teniendo en consideración el precio del metal de interés, leyes y los costos incurridos en su operación.

Por otro lado, las leyes medias de los yacimientos mineros han disminuido, el precio de los metales ha disminuido y los costos han aumentado constantemente en los últimos años. Estos factores hacen que los métodos utilizados sean ineficaces, por lo que se deben buscar métodos alternativos para explotar los recursos remanentes de manera rentable. Los métodos de minado por hundimiento son una alternativa a los métodos con ritmos de producción elevados.

Para realizar una planificación eficiente, es importante conocer los parámetros involucrados en el método de minado; en este caso, nos concentraremos en el minado por hundimiento de bloques.

La minería de bloques es una técnica de extracción subterránea que emplea rocas con mineralización masiva, de gran tamaño y usualmente de baja ley. Para implementar este procedimiento, es imprescindible realizar una excavación de dimensiones apropiadas sobre el nivel de producción con el fin de generar un hundimiento natural en el depósito. Una vez realizada la socavación, se emplean dispositivos LHD para extraer el mineral fragmentado a través de los puntos de extracción situados en el nivel de producción. Conforme el material se fragmenta se extrae a través de los puntos de extracción, el material superior caerá y llenará el vacío creado por la extracción. En respuesta a la remoción continua de material fragmentado a través de los puntos de extracción en

producción, ocurrirá una propagación vertical del colapso. El movimiento del material fragmentado desde su ubicación inicial, antes de la minería, hasta su ubicación final en el lugar de extracción se determinará por diversos factores vinculados a la geología, geomecánica, diseño de la minería y la estrategia de extracción que se selecciona, y esto influirá de manera notable en la UEA. Orcopampa, o Chicopapama.

En este ensayo se discutirá la metodología de planificación para la construcción de bloques utilizando bloques de gran tamaño. Se utilizará un modelo de recursos geológicos para determinar la ubicación espacial del piso económico.

La secuencia de extracción de cada macro bloque incluido en el piso económico se optimizará mediante una función de ganancia que considera un costo de operación constante. En el trabajo final, se utilizarán dos metodologías para abordar el problema. Sin embargo, la segunda técnica utilizará las reservas para optimizar la secuencia de extracción de cada uno de los macro bloques.

El Autor

## INDICE

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

**INTRODUCCION**

**INDICE**

**ÍNDICE DE GRAFICOS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

### **CAPITULO I**

#### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

1.1. Identificación y Determinación del Problema.....	1
1.2. Delimitación de la Investigación.....	2
1.3. Formulación del Problema .....	3
1.3.1. Problema General .....	3
1.3.2. Problemas Específicos .....	3
1.4. Formulación de Objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos .....	4
1.5. Justificación de la Investigación .....	4
1.6. Limitaciones de la Investigación.....	5

### **CAPITULO II**

#### **MARCO TEORICO**

2.1. Antecedentes de Estudio .....	6
2.2. Bases Teóricas - Científicas.....	10
2.3. Definición de Términos Básicos .....	15
2.4. Formulación de Hipótesis .....	20
2.4.1. Hipótesis General.....	20
2.4.2. Hipótesis Específicas .....	20
2.5. Identificación de Variables .....	20
2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores.....	21

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION**

3.1. Tipo de Investigación.....	22
3.2. Nivel de Investigación. ....	22
3.3. Métodos de Investigación. ....	23
3.4. Diseño de Investigación.....	23
3.5. Población y Muestra.....	23
3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	23
3.7. Selección, Validación y Confiabilidad de los Instrumentos de Investigación.....	24
3.9. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.....	25
3.10. Tratamiento Estadístico.....	25
3.11. Orientación Ética Filosófica y Epistémica.....	26

### **CAPITULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSION**

4.1 Descripción del Trabajo de Campo.....	27
4.2 Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados.....	41
4.3. Prueba de Hipótesis.....	58
4.4. Discusión de Resultados .....	58

#### **CONCLUSIONES**

#### **RECOMENDACIONES**

#### **REFERENCIA BIBLIOGRAFÍCAS**

#### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráficos 1. Distancia de la Mina Orcopampa.....	3
Gráficos 2. Perforación de Bloques.....	12
Gráficos 3. Vista en planta de un Block Caving donde se observa una disminución de área que entrega producción.....	28
Gráficos 4. Compuesta por Bloques - Unidad Básica de Extracción (UBE) .....	29
Gráficos 5. Etapas de Régimen y Ramp Down de un Plan Minero .....	30
Gráficos 6. Observación en planta de un Block Caving donde se aprecia la reducción del espacio que otorga producción .....	31
Gráficos 7.Ábaco de Laubscher que define radio hidráulico utilizando los valores de RMR. ....	36
Gráficos 8. Secuencia de Minado horizontal de Macro Bloques contenidos en el Piso Económico .....	38
Gráficos 9. Las restricciones de precedencias verticales se muestran en una sección de un macro bloque dividido en UBE. ....	39
Gráficos 10. Curva Tonelaje Ley del modelo de recursos geológicos.....	42
Gráficos 11.Curva Tonelaje Ley de reservas con potencial para ser minadas mediante Hundimiento de Bloques .....	42
Gráficos 12. Modelo de Recursos Geológico con escala de colores según su ley .....	43
Gráficos 13. Valorización de Piso Económico.....	44
Gráficos 14. económico del Modelo de Recursos Geológicos definido por una ley de corte, con un color "Azul" en la zona superior a la ley de corte y un color "Rojo" en la zona inferior a la ley de corte.....	45
Gráficos 15. Establecimiento del Radio Hidráulico idóneo para provocar el hundimiento en un macro bloque (línea verde), empleando un RMR 50	

como parámetro inicial .....	46
Gráficos 16. Distribución espacial de los Macro Bloques contenidos en el Piso Económico .....	47
Gráficos 17. Macro Bloque compuesto por UBE's .....	48
Gráficos 18. Alturas de Envolventes y Valores Económicos de Macro Bloques considerando el costo de operación como fijo.....	50
Gráficos 19. Los valores económicos de los macrobloques y las alturas de las envolventes se dividen en costos fijos y variables. ....	51
Gráficos 20. Macro bloque con cortes a cada 20 metros, donde el área de producción se delimita en color "azul" .....	52
Gráficos 21. Distribución espacial de macro bloques incluidos en el piso económico y escala de color de la ley de cobre, el color "Verde" simboliza las leyes de mayor altura y el color "Rojo" simboliza las leyes de menor altura .....	55
Gráficos 22. Secuencia de Minado de Macro Bloques.....	56
Gráficos 23. Descripción gráfica de precedencias .....	58
Gráficos 24. La altura de una columna en un bloque de macro según su metodología .	59
Gráficos 25. técnica de producción del Bloque 1 de Macro según su metodología.....	60
Gráficos 26. técnica de producción del Bloque 2 de Macro según su metodología.....	60
Gráficos 27. procedimiento de producción del Bloque 3 de Macro según su metodología .....	61
Gráficos 28. procedimiento de producción del Bloque 4 de Macro según su metodología .....	61
Gráficos 29. método de producción del Bloque 5 de Macro según su metodología.....	61
Gráficos 30. método de producción del Bloque 6 de Macro según su metodología .....	62
Gráficos 31. método de producción del Bloque 7 de Macro según su metodología .....	62

Gráficos 32. método de producción del Bloque 8 de Macro según su metodología.....	63
Gráficos 33. plan de producción del Bloque 9 de Macro según su metodología .....	63
Gráficos 34. plan de producción del Bloque 10 de Macro según su metodología .....	63
Gráficos 35. plan de producción del Bloque 11 de Macro según su metodología .....	64
Gráficos 36. plan de producción del Bloque 11 de Macro según su metodología .....	64
Gráficos 37. plan de producción del Bloque 13 de Macro según su metodología .....	65
Gráficos 38. plan de producción del Bloque 14 de Macro según su metodología .....	65
Gráficos 39. plan de producción del Bloque 15 de Macro según su metodología .....	66
Gráficos 40. El plan de producción proporcionado por la primera metodología que utiliza el costo de la minería como variable determinante, compuesto por 15 macrobloques .....	69
Gráficos 41. El plan de producción proporcionado por la segunda metodología, que divide el costo de la minería en costos variables y costos fijos, compuesto por 15 macrobloques .....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de Variables independientes.....	21
Tabla 2.	Técnico Económicos Parámetros.....	29
Tabla 3.	Valorización de reservas de un Block Caving agrupadas en UBE utilizando la primera metodología.....	30
Tabla 4.	Costo de operación desglosado en costos fijos y costos variables. ....	32
Tabla 5.	Valorización de Reservas de un Block Caving agrupadas en UBE utilizando la segunda metodología .....	33
Tabla 6.	Características del Modelo de Recursos Geológicos.....	41
Tabla 7.	Parámetros Técnicos Económicos .....	44
Tabla 8.	Dimensiones de Macro Bloques y su Radio Hidráulico.....	47
Tabla 9.	Alturas de Columna de Macro Bloques y Velocidades de Extracción Utilizadas .....	53
Tabla 10.	Sección de archivo de actividades .....	57
Tabla 11.	Sección de archivo de precedencias .....	57
Tabla 12.	Resumen de Valorización de Reservas Extraídas, ley media de cobre y beneficio por Metodología.....	70

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y Determinación del Problema**

La planificación minera siempre considera un método alternativo de minado de acuerdo con los parámetros geomecánicas, Las normativas del mineral a explotar o por su valor insuficiente para respaldar otros métodos de minado subterráneo tradicionales que resultan más costosos. En las circunstancias apropiadas, los beneficios del hundimiento de bloques o el caving de bloques se transforman en una opción muy beneficiosa para la mina Chipmo de la UEA. Orcopampa.

El método por Hundimiento de Bloques se aplica para la extracción de grandes depósitos de mineral de ley relativamente baja que tienen una dimensión vertical considerable.

Según los informes anteriores, los costos de operación de la minería por hundimiento de bloques suelen ser aproximadamente una décima parte de lo que cuestan otras técnicas de minería subterránea, debido a las economías obtenidas y a las tasas de producción que pueden modificar entre 30 000 y 100 000 toneladas

diarias. Además, los gastos de perforación y voladura resultan considerablemente más reducidos y no existen costos asociados al relleno. Como resultado, su aplicación es conveniente en la zona de baja ley de la mina Chipmo.

## **1.2. Delimitación de la Investigación**

### **1.2.1. Ubicación**

UEA Orcopampa, ubicada en el Departamento de Arequipa, Provincia de Castilla, Distritos de Chilcaymarca, está ubicada en la zona de la mina y en el Distrito de Orcopampa, donde se ubica la Planta de Beneficio y otras unidades auxiliares como oficinas y laboratorios.

El distrito minero de Orcopampa este situado entre las coordenadas siguientes:

Longitud: 72° 20` 40” W Latitud: 15° 15` 30” S Altitud: 3800 m.s.n.m.

### **1.2.2. Accesibilidad.**

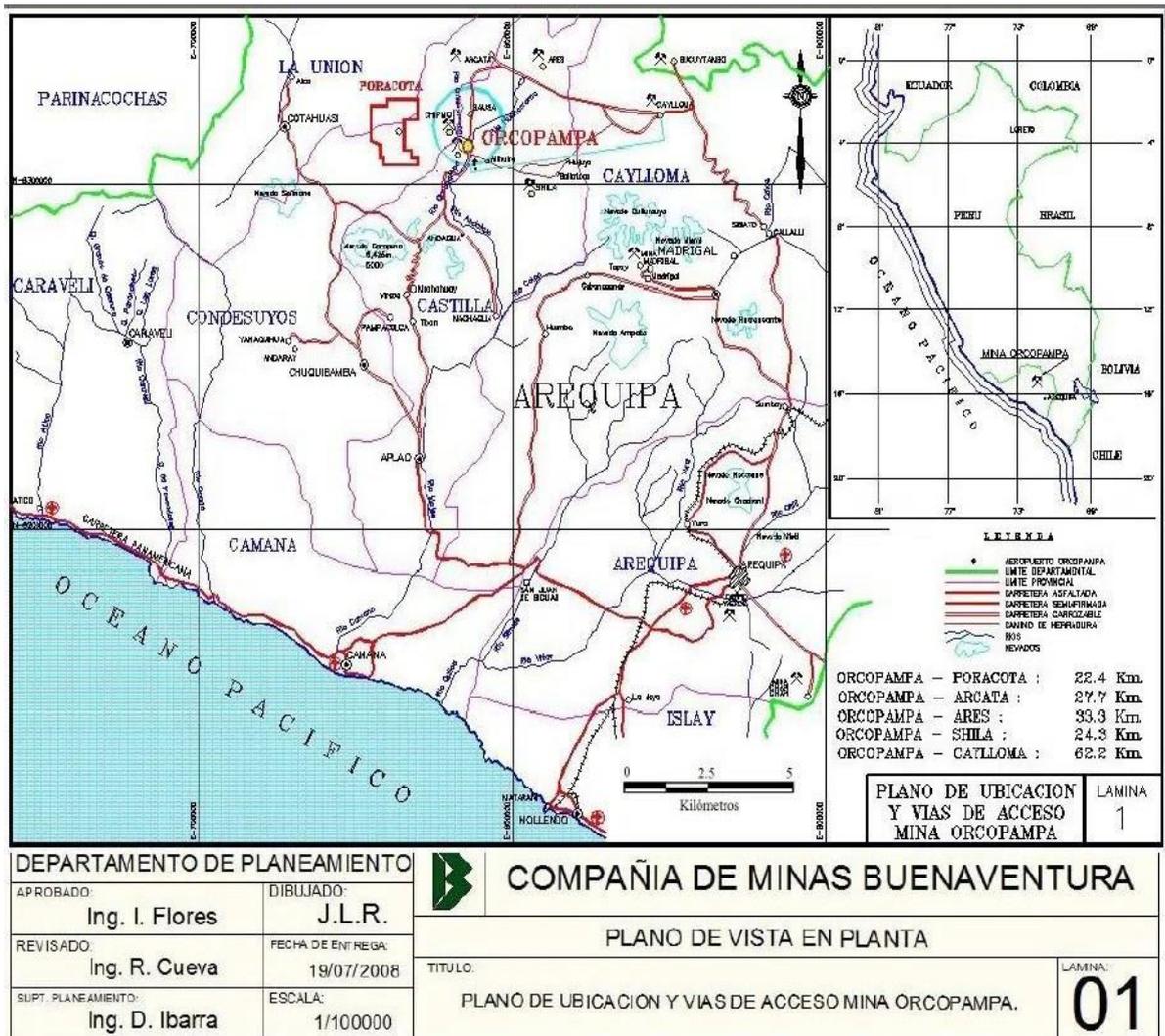
El distrito de Orcopampa puede ser accesible tanto por vía terrestre como aérea: Los siguientes son los caminos de acceso por carretera.

Por vía terrestre: Arequipa - Aplao - Viraco - Orcopampa, o por Arequipa – Aplao – Chuquibamba – Orcopampa: 370 Km.

La vía poco frecuentada es la que inicia de Arequipa pasa por Sibayo – Caylloma - desvío Mina Arcata – Orcopampa: 320 Km.

Vía Aérea de Orcopampa, se tiene salidas de avionetas 03 veces al mes: Lima – Orcopampa – Arequipa – Lima; (Lima – Orcopampa = 1.5 hrs.), (Orcopampa – Arequipa = 20’), (Arequipa - Lima = 1h. 50’).

**Gráficos 1. Distancia de la Mina Orcopampa**



Fuente: Departamento de Ingeniería

### 1.3. Formulación del Problema

#### 1.3.1. Problema General

¿Es posible la aplicación del Método de Minado Hundimiento de Bloques para la Extracción del Mineral de Baja Ley en la Mina Chipmo de la UEA? Orcopampa de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.?

#### 1.3.2. Problemas Específicos

- a) ¿La aplicación del método de minado hundimiento de bloques será la mejor alternativa para extraer el mineral de baja ley en la mina Chipmo

de la UEA Orcopampa?

- b) ¿Con la aplicación del minado por hundimiento de bloques se reducirán costos en referencia a otros métodos de minado aplicados en la UEA Orcopampa?

#### **1.4. Formulación de Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo General**

Aplicar el Método de Minado Hundimiento de Bloques para la Extracción del Mineral de Baja Ley en la Mina Chipmo de la UEA. Orcopampa de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

##### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- a) Aplicar el método de minado hundimiento de bloques como la mejor alternativa para extraer el mineral de baja ley de la mina Chipmo de la UEA Orcopampa.
- b). Aplicar el minado por hundimiento de bloques para reducir los costos en referencia a otros métodos de minado aplicados en la UEA Orcopampa.

#### **1.5. Justificación de la investigación**

El método por Hundimiento de Bloques se aplica para la extracción de grandes depósitos de mineral de leyes relativamente bajas y que tienen una dimensión vertical considerable. Además, Debido a las economías obtenidas y las tasas de producción que pueden oscilar entre 30 000 y 100 000 toneladas diarias, los costos de operación de la minería por hundimiento de bloques suelen ser aproximadamente una décima parte de lo que cuestan otras técnicas de minería subterránea. Además, los costos de perforación y voladura son significativamente más bajos y no hay costos de relleno. Como resultado, su aplicación es conveniente

en la zona de baja ley de la mina Chipmo de la UEA. Orcopampa.

#### **1.6. Limitaciones de la Investigación**

En relación a las limitaciones que se tuvo la principal fue el no tener un método de minado que se ajuste a lo requerido por la Gerencia de Operaciones, para la extracción del mineral de baja ley que se tiene en la mina, pero mediante la selección, análisis de diferentes métodos y de acuerdo a este proceso se llegó a la conclusión de definir como el más conveniente el Método de Minado Hundimiento de Bloques, el cual se elige por los bajos costos y los beneficios en su aplicación.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes de Estudio**

##### **a) Antecedentes Nacionales.**

(Torres L., 2015). (Perez Y., 2018). Universidad Nacional de Huancavelica, desarrolla su trabajo “Aplicación del Método de Hundimiento de Bloques para la Mejora de la Producción en Vetas Oroya de Compañía Minera Casapalca S.A.”, El estudio actual se centra en los criterios técnicos y económicos para elegir el mejor método de explotación del cuerpo mineralizado de la zona Oroya en profundización como una alternativa al planeamiento y desarrollo de la unidad minera. El asunto de estudio fue ¿Hasta qué punto el procedimiento de hundimiento de bloques optimiza la producción en vetas Oroya de la Compañía Minera Casapalca SA, unidad de América? El propósito del estudio fue establecer el impacto del método de hundimiento de bloques en la fabricación de vetas Oroya de la Compañía Minera Casapalca SA, filial americana. Se desarrolló la siguiente hipótesis: El objetivo de la implementación del método de

hundimiento de bloques es aumentar significativamente la producción de vetas oroya de la Compañía Minera Casapalca SA. La investigación es de carácter aplicado y explicativo, utilizando un enfoque tecnológico y científico. La población incluye tajeos de la región Oroya, con unamuestra del tajeo 300 del nivel 15 al este y oeste. El objetivo de la investigación es encontrar soluciones para mejorar la producción de la empresa. Durante el proceso de investigación se obtuvieron los siguientes resultados. **(Camarena F., 2018). (Rocha E., 2019)**, de la Universidad Nacional del Centro del Perú, presenta su tesis “Optimización del método de hundimiento por subniveles convencionales en Sociedad Minera Corona S.A., Unidad Yauricocha, Mina Cachi Cachi”; La Sociedad Minera Corona SA Unidad Yauricocha tuvo un año difícil como empresa en 2014. La industria minera, especialmente en la industria de polímeros, se vio afectada por la disminución del costo de los metales. Durante los períodos en los que los precios de los productos básicos han aumentado, han disminuido y en la actualidad se encuentran en una situación bastante estable. El precio del plomo ha disminuido de manera gradual en los últimos años, mientras que el cobre y el zinc han mantenido sus precios constantes. Como metales de uso fabricante, se espera que el cobre y el zinc, junto con la plata, mantengan sus precios actuales. Por lo tanto, su pronóstico para el futuro es incierto. En los últimos diez años, la economía de China, que ha consumido más del 40% de todos los metales del mundo, ha experimentado una disminución en su PBI, que ha disminuido a solo una cifra. Los precios de los metales se desplomaron debido a la falta de demanda. De forma parecida, las empresas de Estados Unidos y Europa, destacadas en el ámbito de los minerales, han sufrido una notable reducción en sus precios, lo que se manifiesta en la bajada de los precios de los metales más relevantes que nuestro país exporta.

En general, el precio de los metales no ha disminuido al promedio de los últimos diez años, y tampoco se espera que disminuya. Los costos de la mina de Yauricocha aumentaron en 3,13 US\$/TM en comparación con 2013, principalmente debido a los costos de bombeo, ventilación y mantenimiento de equipos y equipos, así como a la baja producción de mineral. El aumento de los costos de la mina se debe principalmente al aumento de los salarios de los trabajadores desde marzo de 2014, así como al aumento de los insumos como explosivos, aceros, petróleo, repuestos de equipos, llantas y fletes de transporte deminerales, materiales y el aumento del personal para servicios de madera en la mina central. Ante esta situación, decidimos cambiar el enfoque de explotación actual de SLCC por SLCM, lo que permitió aumentar la producción en la Unidad Minera Cachi Cachi.

**b). Antecedentes Internacionales**

(Gonzales L., 2009). (Rojas S., 2018), de la Universidad Andrés Bello, Chile, presenta tesis de investigación “Análisis de estrategias de transporte de material del macrobloque n1-s1 del proyecto Chuquicamata subterránea”. El método de explotación preferido es el hundimiento por bloques. Como método masivo, reduce los costos y aumenta la producción. Como método de hundimiento, tiene una mayor dilución y baja selectividad. Se consideraron otras opciones para el método de explotación, pero fueron rechazadas debido a varios factores. Entre ellos se encuentran el cierre de nivel inferior y el cierre de nivel inferior, que claramente son muy diferentes, ya que el primero se realiza por caserones y el segundo por hundimientos, pero ambos fueron descartados debido a los altos costos y el bajo nivel de reservas generadas. Debido a sus bajos costos y alta producción, se considerarán los métodos más

masivos como la construcción de paneles y la construcción de bloques. Para determinar cuál de los dos era más factible, se llevó a cabo un estudio completo de prefactibilidad. Este estudio concluyó que Block Caving era más factible porque ofrecía una mayor flexibilidad en la planificación de la producción y el desarrollo de las operaciones, además de favorecer la geometría del cuerpo mineralizado y la segmentación de la geografía de las operaciones. A diferencia del método Panel Caving, Explotar mediante Macrobloques requiere una preparación anticipada de trabajos, debido a que la activación del área se lleva a cabo en bloques completos en lugar de progresivamente como lo hace el panel de cimentación. En particular, esta investigación se centrará en el Macrobloque N1-S1, que consta de 8 puntos de carguío y 8 LHD. En este bloque, una parte del nivel de producción no está completamente terminada, por lo que los camiones deben cargar mineral y estéril, descargar ambos materiales en el botadero y luego regresar al punto de partida para cargarse nuevamente. El objetivo de este proyecto es sugerir una técnica y estrategia efectiva para transportar materiales desde el Macrobloque N1-S1 al botadero, con el fin de obtener el menor costo posible y optimizar el uso de activos de manera sostenible. Se puede observar un diseño de nivel de producción tipo teniente con equipos LHD de 9 y 3 con un esquema de hundimiento tradicional en el proyecto de prefactibilidad de Chuquicamata Subterránea.

**Salgado R., 2014).** (Dávila L., 2019). Universidad Central del Ecuador, desarrolla la tesis “Diseño de Explotación del Mineral Existente en el Bloque “Cascada”, del Área Minera “El Corazón”, Ubicada en la Parroquia Garcia Moreno, Cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura.”. El Bloque "Cascada", situado en la zona minera "El Corazón", comienza con la valoración de las reservas y la asignación de la demarcación del bloque. El Bloque "Cascada" posee dimensiones explotables de 24 metros de ancho, 60 metros de longitud y 30 metros de alto, de acuerdo con muestras y sondeos efectuados en esta zona.

El método de evaluación "inverso a la distancia" se utilizó para calcular las reservas y encontró que la ley promedio es de 5,15 gramos por tonelada, mientras que en las perforaciones es de 2,8 gramos por tonelada. Aunque las reservas son limitadas, actualmente se está preparando para la explotación subsiguiente. Según el estudio de reservas, se establecieron las características de la roca para el funcionamiento minero y se demostró la fortificación en zonas caídas y fracturadas. La dirección preferida de las galerías es NE-SW, según el diagrama de roseta. Se establece el procedimiento de extracción en parámetros técnicos y las particularidades del yacimiento y del bloque "Cascada", y se establece que el sistema de extracción es subterráneo y emplea un método de corte y relleno. Las de las galerías de preparación, corte y arranque, junto con el volumen de sustancia explosiva y sus esquemas de perforación y voladura para cada situación, son todos los elementos que aportan al diseño. Las franjas de explotación que serán arrancadas en forma ascendente se utilizan para calcular el arranque. Se determinan los costos por avance de voladura, los costos totales del proyecto, las ganancias, las utilidades y la rentabilidad después de tener el diseño. Finalmente, se realiza una clasificación de los efectos del proyecto.

## **2.2 Bases Teóricas - Científicas.**

### **2.2.1 Método de Explotación**

#### **2.2.1.1. Hundimiento de Bloques**

Los planificadores mineros tienen a su disposición un método alternativo de minería al planificar la construcción de una mina nueva o la prolongación de la vida útil de una operación a cielo abierto: el caving de bloques o la inmersión de bloques. Algunos depósitos son demasiado

profundos para que la minería a cielo abierto resulte lucrativa, o su valor no es suficiente para justificar la utilización de técnicas de minería subterránea tradicional, que resultan más costosas. Los beneficios de la caída de bloques o hundimiento de bloques están ganando cada vez más popularidad bajo las condiciones correctas, tal como sucede con el proyecto KSM de Seabridge. (Rodríguez G, 2016)

El método de minería subterránea masiva conocido como minería por hundimiento de bloques facilita la extracción a gran escala de grandes yacimientos de mineral de ley de escasa dimensión vertical. El proceso de hundimiento de bloques se inicia con una sección de gran tamaño de mineral que se debilita mediante perforación y voladura, generando un enorme techo sin apoyo que empieza a desmoronarse debido a su propio peso e inestabilidad. El mineral fracturado se fragmenta y cae en varios conos de extracción que se han construido previamente. Posteriormente, penetra en túneles excavados bajo el macizo rocoso que se está infundiendo, lo que configura los puntos de extracción. (Rodríguez G, 2016)

Conforme numerosas minas superficiales agotan sus reservas viables a través de métodos abiertos de minería al cielo, buscan expandir sus operaciones a través de la minería subterránea para mantener la explotación. La minería subterránea por hundimiento de bloques puede compararse con los métodos de minería a cielo abierto, lo que la convierte en una opción viable para el desarrollo de una mina nueva o para extender la vida útil de una mina existente. Principalmente debido a las economías de escalada que se obtienen a partir de las tasas de producción que pueden variar entre 30 000 y 100 000 toneladas diarias, los gastos operativos de la minería por

hundimiento de bloques suelen ser cerca de la décima parte de los que implican otras formas de minería. suelo subterráneo. Además, los costos de perforación y voladura son significativamente más bajos y no hay costos de relleno. (Rodríguez G, 2016).

La gran reducción en las necesidades de disposición final de desechos en la superficie es otra ventaja importante de la minería subterránea, como el hundimiento de bloques, en comparación con los métodos de minería a cielo abierto. La cantidad de estériles que debe disponer en botaderos para cubrir áreas cada vez mayores suele aumentar con la profundidad de los pozos, así como sus razones estériles-mineral. El volumen de estériles generado por técnicas subterráneas, como el hundimiento de bloques, representa una porción de esto, lo que disminuye los impactos en los terrenos superficiales, lo que representa un beneficio significativo para el procedimiento de autorización. (Rodríguez G, 2016).

### ***Gráficos 2. Perforación de Bloques***



### **2.2.1.2. Factores que influyen en la selección de la minería basada en el hundimiento de bloques**

- Un modelo de depósito apropiado para el procedimiento. Por lo general, esto implica que tanto la altura como la longitud horizontal de un depósito de gran magnitud son suficientes para desencadenar y difundir el hundimiento natural del macizo rocoso.
- Las características geomecánicas adecuadas del depósito incluyen fracturas de roca in situ que fomentan la fragmentación durante el proceso de hundimiento, resistencia suficiente del macizo rocoso para soportar puntos de extracción y túneles de excavación a largo plazo y tensiones del terreno controlables.
- Un valor del mineral que, en comparación con la mayoría de los otros métodos, permite cubrir los costos de operación y los costos de capital iniciales relativamente altos. El precio del mineral debe ser al menos dos a tres veces superior al costo operativo de la mano de obra (extracción, procesamiento y gastos generales y de gestión).
- Aceptar las alteraciones de la superficie encima del colapso. Al considerar la infraestructura actual o futura y los aspectos medioambientales, es importante tener en cuenta esta zona de alteraciones.

### **2.2.1.3. Evaluación temprana de la aplicación del hundimiento de bloques en un yacimiento**

Para evaluar un yacimiento mineral para su explotación mediante hundimiento de bloques, deben completarse los siguientes pasos:

- Implementar los costos habituales y las cifras económicas de corte en el modelo de bloques de recursos y analizar la geometría y los valores de los bloques en relación con el hundimiento de los mismos (tamaño, forma, área de emplazamiento disponible y márgenes económicos posibles).
- Analizar los antecedentes geotécnicos que están disponibles. Estos datos pueden incluir índices de calidad de la roca obtenidos de sondajes exploratorios, densidades de fracturas y diaclasas, imágenes de testigos de perforación y antecedentes de resistencia de la roca.
- Emplee un programa informático apropiado para determinar los posibles tamaños de la huella, las altitudes y el valor global del hundimiento en el lugar.
- Establecer un intervalo de posibilidades de huellas, tamaños y valores promedio de hundimiento por tonelada utilizando datos de entrada económica clave.
- Elaborar un diseño de mina a nivel de investigación que contemple el acceso y ubicación de la huella, la infraestructura para la gestión de materiales y la ventilación de la mina.
- Implementar estimaciones de costos a gran escala para el desarrollo e infraestructura de la mina, además de crear un flujo de efectivo del proyecto para establecer el valor presente neto y la tasa interna de retorno.

El procedimiento de evaluación previa contribuirá a orientar los

futuros proyectos de exploración y a comprender los factores clave para la explotación de un yacimiento específico a través de la extracción de bloques. Si el proyecto supera este análisis inicial, se pueden realizar investigaciones más exhaustivas sobre la viabilidad y la factibilidad previa. Un diseño de mina más detallado, programación de puntos de extracción y modelamiento de hundimiento, evaluaciones de fragmentación y modelamiento numérico de tensiones serían parte de estos estudios.

Muchas empresas están considerando la transición a operaciones subterráneas de bajo costo y gran escala a medida que las grandes minas a cielo abierto llegan a su fin. La única técnica subterránea capaz de proporcionar tasas de producción y gastos operativos similares a la minería a cielo abierto es la minería por hundimiento de bloques. El hundimiento de bloques ofrece una ventaja adicional para las minas nuevas: una huella superficial menor y requisitos significativamente inferiores de disposición de estériles.

En años recientes, el proceso de hundimiento de bloques ha cobrado relevancia, principalmente debido a la continua reducción de nuevos depósitos cercanos a la superficie que pueden ser explotados a través de técnicas a cielo abierto. Esto ha impulsado el interés global por métodos de minería económica subterránea como el hundimiento de bloques, que podría ser una opción factible a tener en cuenta en la valoración de proyectos mineros.

### **2.3. Definición de Términos Básicos**

- **Bloque:** Un bloque es un trozo grande de material compacto.
- **Caballo:** Es el espacio estéril de gran envergadura que se encuentra dentro

de la veta, que usualmente se fabrica con el mismo material que las rocas que conforman las rocas encajonantes.

- **Caja Piso:** La piedra se encuentra debajo de la veta.
- **Caja Techo:** Es la piedra que está encima de una veta inclinada.
- **Contactos litológicos:** Que normalmente forman las cajas de techo y piso de una veta.
- **Criadero, Yacimiento o Depósito Mineral:** La porción o segmento de la corteza terrestre donde se originaron o se produjeron minerales valiosos que pueden ser explotados con beneficio económico, empleando los recursos técnicos disponibles.
- **Cuerpo (ORE BODY):** Son acumulaciones de minerales de gran envergadura e irregularidad y no poseen una forma o tamaño precisos.
- **Depósitos primarios y secundarios.** Los primeros se vinculan con el proceso inicial de formación de las rocas. El cambio de los primeros provoca la creación de segundos minerales.
- **Desmante:** Es todo lo que no es útil y carece de valor económico.
- **Diaclasas:** Las fisuras que no han experimentado desplazamiento y que generalmente surgen en la masa de tierra se conocen como juntas.
- **Diseminaciones.** Son depósitos mineralizados en los que la masa de roca alberga gran cantidad de minerales dispersos.
- **Espaciado:** Es la distancia que se encuentra en línea recta entre dos discontinuidades adyacentes. Este es el factor que determina el tamaño de los bloques de roca que no se han dañado. Los bloques con menos espacio de espacio serán más pequeños y los bloques con más espacio de espacio serán más grandes.
- **Estratificación:** Es una superficie presente en las rocas sedimentarias que

dividen capas de litología similares o distintas. También es posible que estas rocas se encuentren en rocas generadas por el metamorfismo de sedimentos.

- **Explotación.** Se trata de un procedimiento de minado mediante el cual se extrae el mineral rentable utilizando una variedad de técnicas de explotación para que pueda ser utilizado en la planta concentradora.
- **Fallas:** Las fracturas se han desplazado. Estas son fracturas menores que se encuentran en áreas locales de la mina o estructuras significativas que pueden cruzar toda la mina.
- **Ganga.** zona del mineral no valiosa que está relacionada con la parte con buena ley. Este concepto es relativo porque cambia según las cotizaciones, la ley del mineral y el tiempo.
- **Hilos.** Vetillas muy delgadas de mineral que se cruzan entre sí.
- **Investigaciones Geotécnicas.** Es un programa de estudios geotécnicos que hace uso de perforaciones de diamantes para establecer los parámetros y propiedades hidrogeológicas de los materiales presentes en el área de investigación.
- **Mantos.** La mayoría de los cuerpos mineralizados en forma tabular se encuentran en una posición horizontal o ligeramente inclinada menor de 30° y tienen una gran potencia en comparación.
- **Masa Rocosa:** Se refiere al medio en el lugar que alberga diversas clases de discontinuidades, como averías, diaclasas, estratos y otros atributos estructurales.
- **Matriz rocosa.** - Material de roca que no presenta discontinuidades o bloques de roca que se encuentran entre discontinuidades. Aunque se le considera continuo, es variada y anisótropa, vinculada a la fábrica, textura y estructura, y

es mineral.

- **Mena.** Parte más preciada del mineral que permite obtener uno o varios metales a un costo razonable.
- **Mineral.** La mena y la ganga son dos elementos inorgánicos de origen natural que forman la corteza terrestre y tienen un valor económico. Además, es una sustancia inorgánica.
- **Minería.** Parte de la industria que se encarga de la exploración, obtención, aprovechamiento y comercialización de minerales y rocas lucrativas.
- **Orientación:** Se refiere a la ubicación de la discontinuidad en el espacio, y su dirección y desplazamiento lo refleja. Se conoce como "sistema" o "familia" a un conjunto de discontinuidades que presentan una orientación parecida y que son aproximadamente paralelas.
- **Perfil geotectónico:** Es el conjunto de tareas que incluyen la investigación del subsuelo. el análisis y las sugerencias para el diseño y la construcción del subsuelo.
- **Perfil litológico:** Es la rama de la geología que analiza la estructura y composición de las rocas. Esto abarca aspectos como el tamaño del grano, las propiedades físicas y químicas, las estructuras metamórficas, entre otros. También incluye su composición, textura, modo de transporte y material de adhesión.
- **Perforación:** Es el inicio del procedimiento para la preparación de una voladura. La meta es crear cavidades cilíndricas en la roca conocidas como taladros, que acogerán al explosivo y sus elementos activadores.
- **Persistencia:** Se refiere al volumen o la ampliación de una discontinuidad. La masa de roca será más estable con una persistencia reducida, mientras que será menos estable con una persistencia superior.

- **Pliegues:** Las intrusiones tabulares de roca ígnea, usualmente empinadas o verticales, son estructuras donde los estratos muestran una curvatura.
- **Potencia.** El ancho o espesor de un yacimiento mineralizado medido perpendicular a las cajas.
- **Productividad.** Se refiere a la correlación entre el volumen de recursos empleados y la cantidadde productos y servicios generados.
- **Relleno:** Los elementos que entran en la discontinuidad. La masa rocosa es menos apta para materiales delicados, pero más apta para materiales más resistentes.
- **Roca intacta:** Es el segmento ubicado entre las discontinuidades y puede ser ilustrado a través de una muestra de mano o un fragmento de testigo empleado en pruebas de laboratorio.
- **Roca meteorizada:** Es el bloque que se encuentra entre las discontinuidades y se puederepresentar mediante una muestra de mano o un trozo de testigo utilizado en ensayos de laboratorio.
- **Rugosidad:** Se refiere a la anomalía o aspereza en la superficie de la discontinuidad. La masa rocosa será menos resistente a medida que la rugosidad con discontinuidad sea menor, mientras que la rugosidad con discontinuidad sea mayor.
- **Rumbo:** Se refiere a la dirección de una veta, estrato o manto inclinado respecto al norte magnético en un plano.
- **Veta o Filón:** Son diminutas cavidades repletas de mineral en la corteza de la Tierra que suelen tener una inclinación superior a 30o y exhiben un crecimiento constante en longitud, anchura y profundidad.
- **Yacimiento de Mineral:** Compuesto de uno o varios minerales que alberga

elementos metálicosútiles, sin importar su tamaño o forma.

- **Zonas de corte:** Se trata de bandas de material de varios metros de espesor donde la roca ha fallado.

## **2.4. Formulación de Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

Con la aplicación del Método de Minado Hundimiento de Bloques se efectuará laExtracción del Mineral de Baja Ley en la Mina Chipmo de la UEA. Orcopampa de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas**

- a) La aplicación del método de minado hundimiento de bloques se tiene la mejor alternativa para extraer el mineral de baja ley en la mina Chipmo de la UEA Orcopampa.
- b) La aplicación del minado por hundimiento de bloques reducirá los costos en referencia a otros métodos de minado aplicados en la UEA Orcopampa.

## **2.5. Identificación de Variables**

### **2.5.1 Variable Independiente:**

X: Aplicación de Método de Minado Hundimiento de Bloques en la Mina Chipmo.

### **2.5.2. Variable Dependiente:**

Y: Extracción del Mineral de Baja Ley en la Mina Chipmo.

## 2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores

**Tabla 1. Operacionalización de Variables independientes**

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Aplicación de Método de Minado Hundimiento	El método por Hundimiento de Bloques se aplica para la extracción de grandes depósitos de mineral de ley relativamente baja que tienen una dimensión vertical considerable. Según los informes anteriores, los gastos asociados con la minería por hundimiento de bloques suelen ser aproximadamente una décima parte de lo que cuestan otras técnicas de minería subterránea, debido a las economías generadas y a las tasas de producción que pueden llegar a las 30 000 a las 100 000 toneladas diarias. Además, los costos de perforación y voladura son significativamente más bajos y no hay costos de relleno. Por lo tanto, es conveniente su aplicación en la zona de baja ley de la mina Chipmo.	Planificación  Método de Explotación	Geomecánica  Parámetros Geotécnicos  Ciclo de Minado
VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Extracción del Mineral de Baja Ley en la Mina Chipmo.	la extracción de grandes depósitos de mineral de leyes relativamente bajas y que tienen una dimensión vertical considerable. Los costos de la minería por hundimiento de bloques suelen ser aproximadamente una décima parte de lo que cuestan otras técnicas de minería subterránea, debido a las economías obtenidas y las tasas de producción. También los costos de perforación y voladura son muy inferiores y no se tienen costos de relleno. Es necesario la aplicación en la zona de baja ley de la mina Chipmo de la UEA. Orcopampa.	Compañía de Minas  Buenaventura	Perforación y Voladura  Bloques de Mineral Estabilidad

*Fuente: Elaboración Propia*

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

Se determina que tenemos una investigación cuantitativa basada en la evaluación geomecánica realizada y la aplicación del hundimiento de bloques de método de minería.

- Aplicada: El método de minado es el objetivo principal durante el proceso de explotación y desarrollo de la mina Chipmo.
- Experimental: Debido al análisis realizado para elegir el método a utilizar.
- Documental: Basado en los datos obtenidos, analizados, interpretados y comparados con los datos de la UEA: Orcopampa
- De campo y de laboratorio: Por los hallazgos obtenidos durante la investigación

#### **3.2. Nivel de Investigación**

En este estudio titulado "Efecto de la caracterización geometalúrgica del mineral blending (veta Pozo y Llacsacocha) para la recuperación de Ag, Cu, Pb y Zn en Pan American Silver Pasco – 2024", se emplea un nivel de investigación explicativo. De acuerdo con Oseda (2019), este nivel de investigación se enfoca en

explorar y entender las causas detrás de los fenómenos, estableciendo relaciones de causa y efecto entre las variables.

### **3.3. Métodos de Investigación**

La presente investigación se desarrolló en los siguientes métodos:

Método deductivo: Evaluación de datos globales para alcanzar una conclusión precisa.

Método inductivo: Comprenda una conclusión global basándose en los datos, la labor de campo y el historial de la mina Chipmo.

### **3.4. Diseño de Investigación**

El diseño corresponde a la investigación cuantitativa, descriptiva y correlacional realizada para determinar el método de minado para el mineral de baja ley en la UEA. Orcopampa.

### **3.5. Población y Muestra**

#### **3.5.1. Población**

Todos los Métodos de Explotación aplicados en la Mina Chipmo.

#### **3.5.2. Muestra**

Los detalles del método de minado por Hundimiento de Bloques.

### **3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

#### **3.6.1. Técnicas**

Descripción de las técnicas usadas

#### **Recopilación y Análisis de Datos**

Se llevó a cabo la recopilación de datos históricos sobre el Minado de Orcopampa y se llevaron a cabo los estudios de los métodos más adecuados para su implementación.

### **Observación directa**

Se realiza observaciones directas de todo el proceso de explotación, y la evaluación geomecánica realizada, para determinar los parámetros del macizo rocoso.

### **Búsqueda de Información Bibliográfica**

Se analizo la información proporcionada por la mina y la información por internet que sirvieron como referencia para la aplicación del método de hundimiento de bloques.

#### **3.6.2. Instrumentos.**

##### **Materiales**

- Planos topográficos.
- Mapeos geomecánicos Efectuados.
- Informes geomecánicos.
- Informe de los Métodos de Minado y datos geomecánicos.
- Picota, flexómetro, mapeador y brújula,
- Estación Total.
- Libreta de campo.

#### **3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.**

Los resultados son analizados, interpretados y descritos para seleccionar, validar y confiar en el instrumento. Los instrumentos resultaron válidos tras la revisión por pares, en la que se ordenaron comentarios de expertos sobre el diseño y contenido del cuestionario; esta revisión concluyó que los instrumentos se pueden utilizar en un entorno académico. Además, se probó la consistencia interna del cuestionario de la encuesta mediante el estadístico alfa de Cronbach para determinar su confiabilidad. En general, la herramienta tiene un puntaje de

confiabilidad de 0.899 según el alfa de Cronbach en el cuestionario, que presentamos en las siguientes secciones, y por lo tanto la herramienta es confiable y consistente

Los resultados son analizados, interpretados y descritos para seleccionar, validar y confiar en el instrumento. Los instrumentos resultaron válidos tras la revisión por pares, en la que se ordenaron comentarios de expertos sobre el diseño y contenido del cuestionario; esta revisión concluyó que los instrumentos se pueden utilizar en un entorno académico. Además, se probó la consistencia interna del cuestionario de la encuesta mediante el estadístico alfa de Cronbach para determinar su confiabilidad. En general, la herramienta tiene un puntaje de confiabilidad de 0.899 según el alfa de Cronbach en el cuestionario, que presentamos en las siguientes secciones, y por lo tanto la herramienta es confiable y consistente.

### **3.8. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos**

Para determinar el método de minado adecuado para la zona de baja ley, se utilizaron los datos de la mina para determinar el tipo de roca y los métodos de minado utilizados para toda la mina.

Es importante destacar que el Modelo Geomecánico se utiliza para evaluar la estabilidad en función de las secciones geomecánicas y las zonas de explotación con leyes bajas.

### **3.9. Tratamiento Estadístico**

Las acciones que se aplicaron sobre las unidades experimentales y que son objeto de comparación con los otros métodos aplicados. Permittiéndonos obtener una estadística dentro de todos los procesos efectuados que reflejen los resultados obtenidos.

### **3.10. Orientación Ética Filosófica y Epistémica**

La investigación se llevó a cabo de acuerdo con los valores y principios de la realización de una investigación y se desarrolló bajo los principios de la ética profesional.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

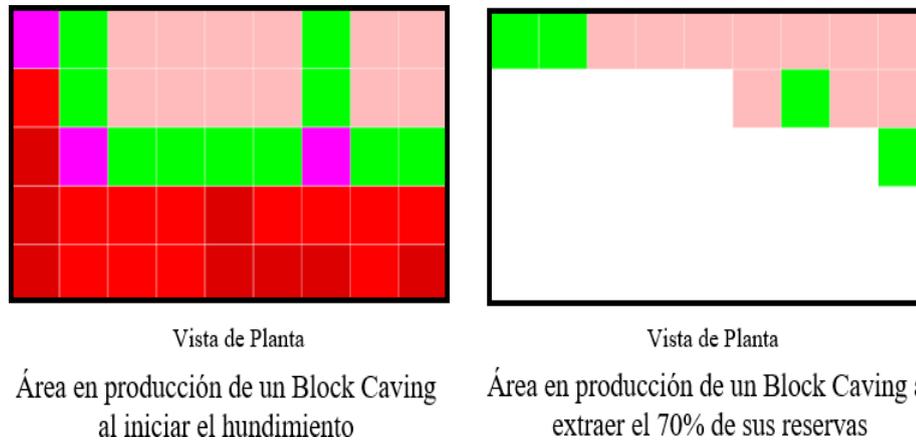
#### **4.1 Descripción del Trabajo de Campo**

##### **4.1.1. Enfoque de la Estructura de Costos**

Los bloques del modelo de recursos se valorarán utilizando el costo de operación como una variable fija en la investigación. La segunda metodología divide los bloques del modelo en costos fijos y costos variables; teniendo una disminución en el costo variable como resultado de la reducción del nivel productivo del hundimiento de bloques (BlockCaving).

Ahora examinaremos cómo se implementará la estructura de costos en la primera técnica. Para valorar las reservas de un proyecto minero, esta metodología utiliza el costo de operación tradicional en la expresión de beneficio; La Ilustración 3 muestra cómo se puede disminuir el área de producción (bloques de colores) al tomar un porcentaje de reservas, mientras que el costo operativo se mantendrá estable, considerándose estos como una variable constante en la evaluación.

**Gráficos 3. Vista en planta de un Block Caving donde se observa una disminución de área que entrega producción**



La Ecuación 1 se utilizará para valorar los componentes del modelo de recursos geológicos utilizados en la primera metodología. Esta ecuación considera el costo de operación como una variable constante.

$$B = G \cdot R \cdot T(P - C_v) \cdot F_c - (C_O + C_P) \cdot T$$

**Ecuación 1 Expresión de Beneficio utilizada en la primera metodología.**

En el que:

B: Beneficio (US \$) G: Ley (%) R: Recuperación (%)

T: Tonelaje del bloque (Ton) P: Precio del cobre (US\$/lb)

C<sub>v</sub>: Costo de venta (US\$/lb)

F<sub>c</sub>: Factor de conversión de mineral

C<sub>O</sub>: Costo de operación (US\$/ton) C<sub>P</sub>: Costo de procesamiento (US\$/ton)

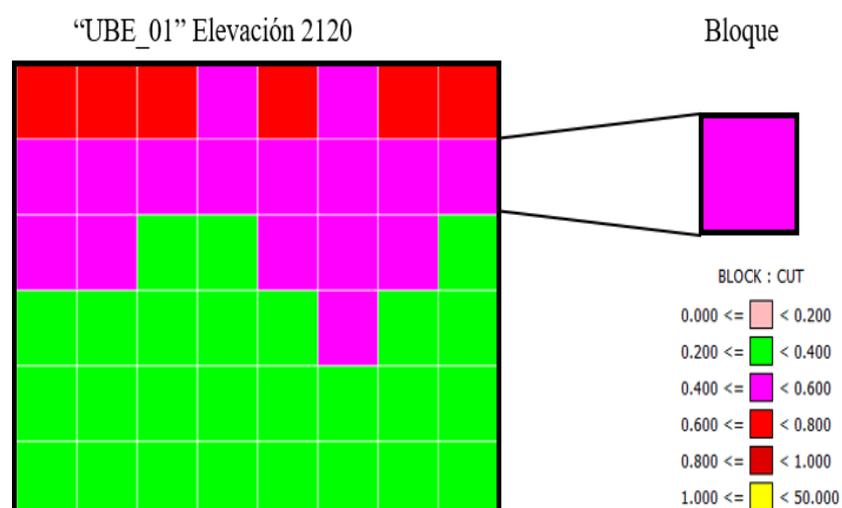
Para llevar a cabo la valoración de los elementos del modelo de recursos, será imprescindible determinar los parámetros técnicos económicos que se emplearán en la evaluación. Los parámetros utilizados se encuentran en la Tabla 2.

**Tabla 2. Técnico Económicos Parámetros**

Parámetros técnico económicos		
Parámetro	Unidad	Valor
Precio del cobre	(\$/lb)	2.55
Costo de operación	(\$/ton)	8
Costo de procesamiento	(\$/ton)	10
Costo venta	(\$/lb)	0.3
Recuperación	(%)	90

Después de establecer los parámetros técnicos económicos, se utilizará la Ecuación 1 para valorar cada bloque del modelo de recursos. Si un conjunto de bloques se encuentra ubicado espacialmente a una misma elevación, los bloques se agruparán en Unidades Básicas de Extracción (UBE). La Ilustración 11 ilustra la forma en que un grupo de bloques de igual altura formará una UBE, mientras que la Tabla 2 presenta un ejemplo de cómo se calculan las reservas agrupadas en UBE de un Block Caving.

**Gráficos 4. ompuesta por Bloques - Unidad Básica de Extracción (UBE)**

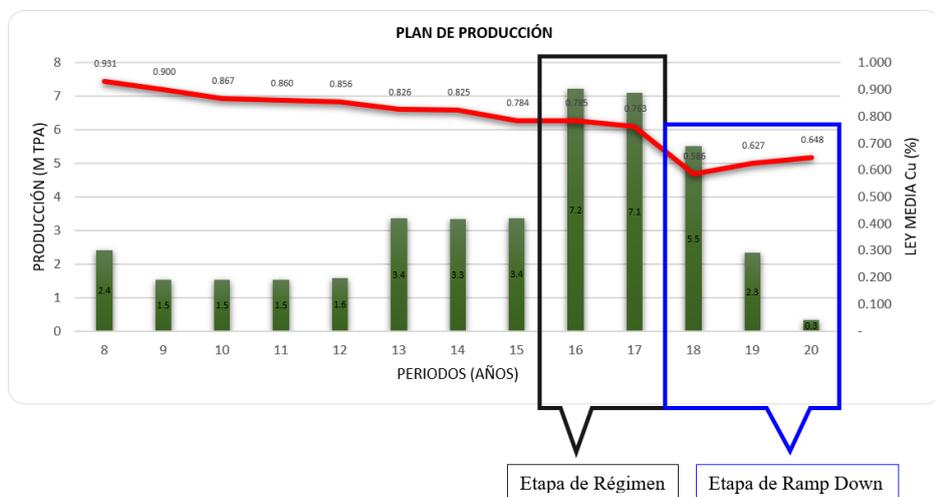


**Tabla 3. Valorización de reservas de un Block Caving agrupadas en UBE utilizando la primera metodología.**

UBE	Elevación (m)	Beneficio (USD)
1	2,120	21,201,780
2	2,140	21,886,485
3	2,160	22,773,215
4	2,180	23,440,786
5	2,200	24,606,799
6	2,220	27,125,755
7	2,240	28,465,089
8	2,260	29,130,875
9	2,280	28,097,297
10	2,300	17,827,385
11	2,320	17,085,588
12	2,340	14,651,920
13	2,360	7,519,632
14	2,380	3,261,930
15	2,400	1,368,905
16	2,420	338,363

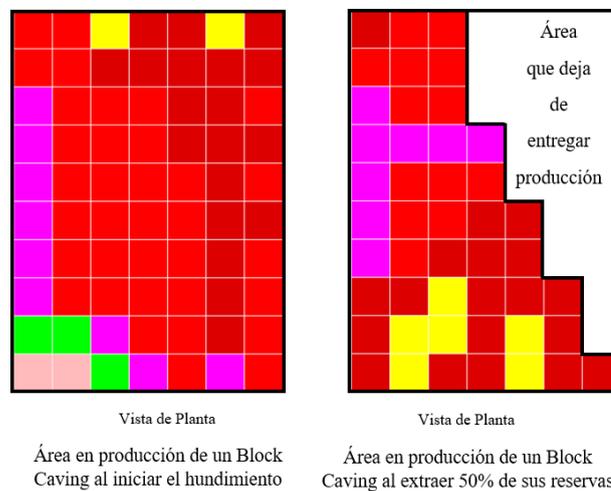
Tras discutir la estructura de costos en el segundo método, primero debemos enfocarnos en el régimen y la disminución de la producción de un plan minero, tal como se ilustra en la Ilustración 12, evaluando el efecto que los costos operativos tienen al disminuir la producción de un Block Caving.

**Gráficos 5. Etapas de Régimen y Ramp Down de un Plan Minero**



Los gastos operativos se clasificarán en costos fijos y variables. En relación a los costos fijos; estos permanecerán estables y cubrirán cada tonelada que se extraiga durante el proceso. Por otro lado, los costos variables permanecerán estables si no se altera el área de producción en el Hundimiento de Bloques (Block Caving), pero disminuirán si el área de producción disminuye. La Figura 6 ilustra un caso de la reducción de área de acuerdo al porcentaje de reservas obtenidas.

**Gráficos 6. Observación en planta de un Block Caving donde se aprecia la reducción del espacio que otorga producción**



La Ecuación 2 se utilizará para valorar los bloques del modelo de recursos geológicos en la segunda metodología. Esta ecuación divide el costo de operación en costos fijos y costos variables.

$$B = G \cdot R \cdot T(P - Cv) \cdot Fc - CV \cdot \left(\frac{Ap}{Ai}\right) \cdot T - (CF + CP) \cdot T$$

**Ecuación 2 Expresión de Beneficio utilizada en la segunda metodología.**

En el que:

B: Beneficio (US \$) G: Ley (%) R: Recuperación (%)

T: Tonelaje del bloque (Ton) P: Precio del cobre (US\$/lb) Cv: Costo de venta (US\$/lb)

Fc: Factor de conversión de mineral CV: Costo Variable (US\$/ton)

Ap: Área en producción del macro bloque (m<sup>2</sup>)

Ai: Área inicial en producción del macro bloque (m<sup>2</sup>) CF: Costo Fijo (US\$/ton)

CP: Costo de Procesamiento (US\$/ton)

En la segunda metodología, se utilizarán los mismos parámetros técnicos económicos para la valorización de los bloques del modelo de recursos que en la metodología anterior, a menos que el costo operativo sea sustituido por un costo fijo y un costo variable, respectivamente, como se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 4. Costo de operación desglosado en costos fijos y costos variables.**

<b>Costo de operación</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Costo fijo	(\$/ton)	5.50

Los bloques que se encuentran en el modelo de recursos geológicos utilizando la Ecuación 2 serán valorados y agrupados en Unidades Básicas de Extracción (UBE) unavez que se han establecido los valores de costo fijo y costo variable. La Tabla 5 muestrala valorización de las reservas utilizando la segunda técnica.

**Tabla 5. Valorización de Reservas de un Block Caving agrupadas en UBE utilizando la segunda metodología**

UBE	Elevación (m)	Área Inicial (m <sup>2</sup> )	Área Producción (m <sup>2</sup> )	Ingreso (USD/Ton)	Costo Unitario (USD/Ton)	Beneficio (USD)
1	2,120	28,000	28,000	31.67	8.00	21,201,780
2	2,140		28,000	32.11	8.00	21,886,485
3	2,160		28,000	32.68	8.00	22,773,215
4	2,180		28,000	33.11	8.00	23,440,786
5	2,200		28,000	33.86	8.00	24,606,799
6	2,220		28,000	35.49	8.00	27,125,755
7	2,240		28,000	36.35	8.00	28,465,089
8	2,260		28,000	36.78	8.00	29,130,875
9	2,280		28,000	36.11	8.00	28,097,297
10	2,300		18,400	35.49	7.14	18,701,122
11	2,320		15,200	38.29	6.86	18,047,965
12	2,340		13,200	38.04	6.68	15,618,255
13	2,360		10,400	31.89	6.43	8,364,132
14	2,380		7,600	27.91	6.18	3,923,035
15	2,400		5,200	24.31	5.96	1,902,629
16	2,420		3,600	20.45	5.82	761,354
17	2,440		2,000	17.76	5.68	231,132
18	2,460		800	20.51	5.57	208,678
19	2,480		400	31.32	5.54	333,339

#### **4.1.2. Discretización de Reservas**

Para distinguir el modelo de recursos minerales o de tepetate, será imprescindible evaluarlos bloques que conforman las reservas de acuerdo a cada metodología, clasificar los bloques en Unidades Básicas de Explotación (UBE) en función de su altura y efectuar una sumatoria de ganancia de los bloques que conforman las UBE.

Tras esto, se evaluará cada UBE desde la altura más baja (nivel de hundimiento); si el valor de ganancia de la UBE supera el cero, será catalogada como mineral a obtener dentro de la optimización, lo que facilitará la evaluación de la UBE más alta. No obstante, si el valor de ganancia de una UBE es inferior a cero, se percibe como un tepetate y ya no será imprescindible examinar UBE de mayor valor.

#### **4.1.3. Aplicación de Método de Minado Hundimiento de Bloques (Block Caving)**

Este acápite se describe como se llevará a cabo la planificación para la Aplicación de Método de Minado Hundimiento de Bloques (Block Caving), Utilizado por bloques macro para el caso de estudio. El costo de operación se mantiene fijo según la planificación. El segundo método consiste en dividir el costo operativo en costos fijos y costos variables, lo que implica que los costos variables se reducirán si se reduce el nivel de producción de los macro bloques. Tras concluir la planificación, se realizará una evaluación del efecto de los costos en las dos metodologías.

La investigación se compone de seis fases fundamentales, las cuales se describen a continuación:

1. Utilizando parámetros de costos fijos, determine la ubicación del piso

económico del modelo de recursos geológicos.

2. Segmentar el suelo económico en bloques macro de la dimensión correcta para provocar el hundimiento.
3. Establecer el marco financiero de cada macro bloque considerando el costo de operación como fijo.
4. Establecer el marco financiero de cada macro bloque mediante la división del costo operativo en costos fijos y costos variables.
5. Limitar las prioridades verticales y horizontales a la secuencia de minería.
6. Técnicas para utilizar las herramientas del Data Mine para realizar el mejor plan de extracción.

### **1. Piso Económico**

En la minería del Hundimiento de Bloques, el límite inferior del modelo de recursos geológicos se establecerá ubicando el piso económico en una elevación. Para calcular la elevación, es necesario valorar las columnas mineralizadas que se encuentran en la cota inicial elegida. La cota más alta del piso económico proporcionará el valor de beneficio más alto. Una vez que se elija la ubicación del piso económico, comenzamos a planificar el proyecto.

Es imprescindible establecer estándares técnicos económicos que nos permitan valorar las reservas. Los parámetros técnicos económicos utilizados serán el precio del mineral de interés, los costos de operación, los costos de procesamiento, los costos de venta y la recuperación metalúrgica.

### **2. Discretización del Piso Económico en Macro Bloques**

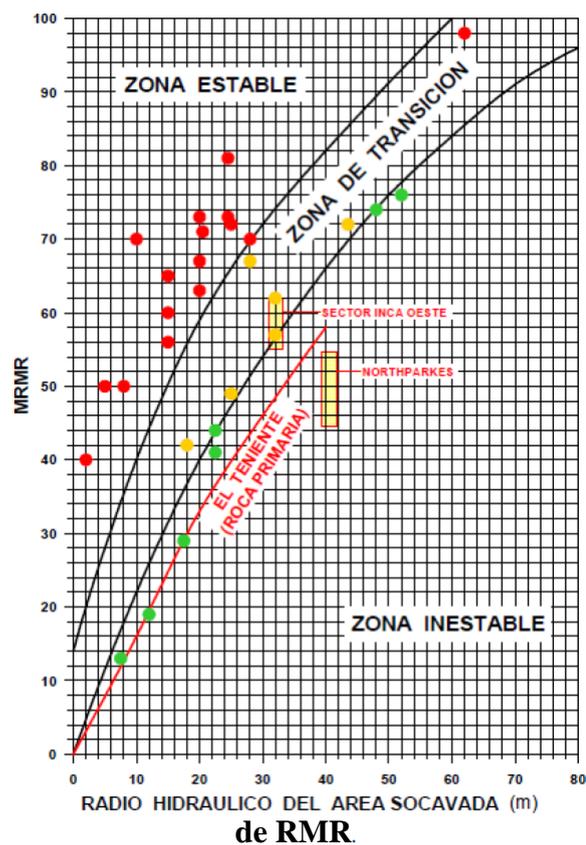
La calidad del piso económico y la forma geométrica que adopta cada macro bloque determinan la división del piso en macro bloques.

El gráfico de Caving (hundimiento) de Laubscher es la técnica más empleada

a nivel internacional para determinar la capacidad de sumersión en minas de bloque y panel caving. Se ha desarrollado utilizando calidades de macizo rocoso en masa de varios proyectos, basándose en estas calidades para diversos proyectos. Para lograr esto, se requiere la determinación del RMR, un parámetro que mida la calidad del macizo rocoso y el radio hidráulico del área donde se producirá el corte basal (Laubscher). Para crear hundimiento en los macro bloques, la relación entre ambos parámetros debe estar en la zona inestable del gráfico.

En la *Ilustración 14* se presenta el Ábaco de Laubscher.

**Gráficos 7. Ábaco de Laubscher que define radio hidráulico utilizando los valores**



**1. Determinar la Envolvente Económica tomando en cuenta el Costo de Operación como Fija Variable**

Ahora examinaremos cómo se abordará el costo de operación con la primera

técnica. Estatécnica utiliza la forma tradicional de valorar las reservas de un proyecto minero, en la que los costos no se desglosan, sino que se consideran como una variable constante en la evaluación.

Se considerará que la variable costo de operación sea una constante en la expresión de beneficio, lo que representa una manera simplificada de tratar el problema. Esto no incluye las variaciones que los costos operativos pueden experimentar al reducir la producción de los macro bloques.

## **2. Dividir el Costo de Operación en Costos Fijos y Costos Variables para determinar el Envolverte Económico**

En este apartado, explicaremos cómo se aborda el costo de operación en la segunda metodología; se dividirá en costos fijos y variables.

Los costos fijos abarcan todos los que se originan al llevar a cabo acciones para mantener la mina en condiciones de producción. En este trabajo, incluiremos los gastos de supervisión, el equipo de operación utilizado para extraer minerales, el bombeo de agua de las operaciones mineras subterráneas y los gastos administrativos dentro de los costos fijos.

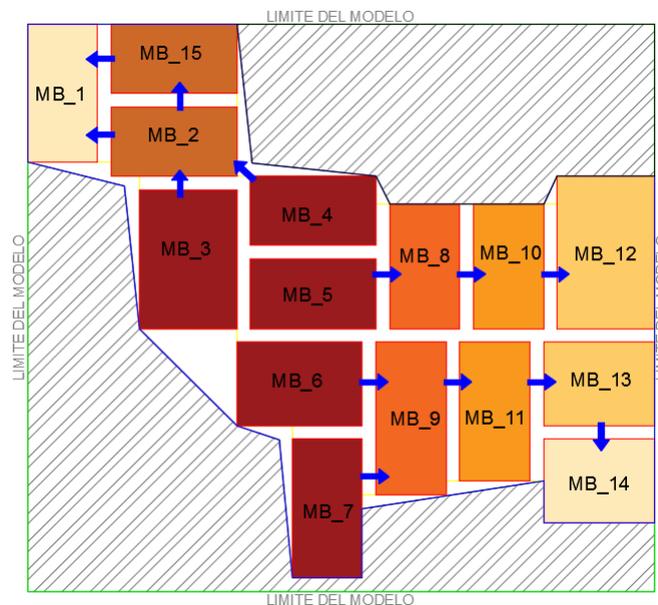
Además, como resultado de la operación minera en curso, se generan costos variables que varían según el nivel de productividad de la operación.

Esta metodología utiliza un valor inicial de Costo Variable que disminuirá si el área activa de producción del macro bloque disminuye, lo que significa que los Costos Variables disminuirán en función del nivel de producción del macro bloque. Este método se utiliza porque la cantidad de recursos consumidos por actividades auxiliares y ventilación disminuirá si disminuye el nivel productivo de un macro bloque.

### 3. Restricciones de Precedencias Limitación de Precedencias Horizontales

Para establecer el orden de extracción horizontal de los macro bloques, se realizó una evaluación económica de cada uno de estos basándose en la lógica del costo de oportunidad. Se comenzó la secuencia de minado con los macro bloques que ofrecían un valor mayor, mientras que los macro bloques que ofrecían un valor menor fueron dejados para después. Una restricción adicional prohíbe minar macro bloques intermedios mientras continúa la secuencia de minado de macro bloques cercanos que generan mayor valor. La Ilustración 4 muestra El piso económico se discretiza en macro bloques, lo que ilustra la secuencia de minería. Los bloques macro de valor superior se presentan en color rojo y los de valor inferior en color naranja. Se realiza esto para prevenir la minería de los macro bloques intermedios.

**Gráficos 8. Secuencia de Minado horizontal de Macro Bloques contenidos en el Piso Económico**



### Limitación de Precedencias Verticales

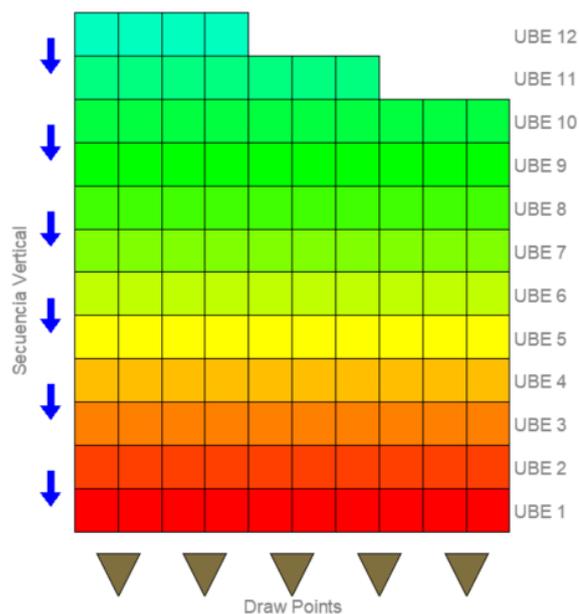
Las restricciones de precedencias verticales se establecerán en cada

macrobloque una vez que se hayan establecido las restricciones de precedencias horizontales entre ellos.

Para replicar la secuencia de minería de un bloque macro, se requerirá efectuar un corte basal en la cota más baja (nivel de hundimiento) y posteriormente extraer el material de manera homogénea por los puntos de extracción. Se demostró lo siguiente para replicar esta secuencia y reducir el número de variables:

- Una Unidad Básica de Extracción se formará por todos los bloques que se encuentren a una misma elevación y dentro del área de un macro bloque (UBE).
- Extraer la UBE inferior por completo antes de comenzar a extraer la UBE superior.
- Las restricciones de precedentes verticales se muestran en la Ilustración 5, que muestra una sección de un macrobloque dividido en Unidades Básicas de Explotación.

**Gráficos 9. Las restricciones de precedencias verticales se muestran en una sección de un macro bloque dividido en UBE.**



## **Técnicas para realizar el Planeamiento de extracción con el Data Mine**

Es imprescindible elaborar un registro de actividades que contengan los atributos de interés a valorar. Para este caso específico, se requerirá un listado de características con las que se efectuará el programa de extracción ideal, que incluirá identificador de actividad, ganancia, ritmo máximo de consumo de actividad, tonelaje y ley media de cobre. Ahora hablaremos del archivo de precedentes, que es un listado de todas las actividades que se utilizarán en el agendamiento, así como los enlaces entre ellas. Consta de una columna de Predecesor, Sucesor y Grupo. Para ser importado al software Data Mine, cada archivo debe tener un formato "txt".

El identificador de actividad, el beneficio de actividad y el ritmo máximo de consumo de actividad deben conectarse al Data Mine al importar el archivo de "actividades".

Después de eso, se establece una tarifa de descuento para cada período de tiempo, en el que se realizarán las actividades que están programadas para la extracción ideal. El valor de la tasa de descuento para este trabajo no afectará los resultados. Él puede seleccionar el tamaño del período a utilizar en este apartado de usuario, ya sea semanas, meses, trimestres o años. Se utilizaron tamaños de período anual para el trabajo que se desarrolló. Tras finalizar todas esas actividades en la pestaña de proyecto, nos dirigimos a la pestaña de prioridades para cargar el archivo de "prioridades". Al finalizar la importación de archivos, nos encontramos en el sector más esencial de la herramienta, donde se establecen todas las limitaciones requeridas para una optimización eficaz. En el caso de estudio, se consideran restricciones operativas como un límite máximo de producción por tiempo, restricciones límite de progreso, que restringen el inicio y término de algunas

actividades en un lapso de tiempo específico y exigen que otras actividades se inicien y concluyan. sus procesos productivos durante un lapso de tiempo específico en un periodo de tiempo establecido.

Tras finalizar el proceso de asignación de restricciones a nuestro modelo, se elige un GAP para garantizar el funcionamiento del software. Al mencionar el GAP, nos estamos refiriendo a un margen de error (tolerancia) en comparación con la solución ideal. Se espera un margen de error menor al trabajar con un GAP muy pequeño y viceversa. Es importante mencionar que, si hay un GAP muy pequeño, la herramienta realizará más iteraciones antes de encontrar la solución, lo que demora al usuario al realizar las optimizaciones.

## 4.2 Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados

### 4.2.1 Presentación del Caso del Estudio

El caso de estudio se centra en un yacimiento de cobre que posee las características para ser minado mediante el método de hundimiento de bloques, que utiliza macro bloques.

El modelo de recursos geológicos que se utilizará para desarrollar este trabajo se basa en un modelo de forma cúbica, como se muestra en la Tabla 6 y la Ilustración 10.

**Tabla 6. Características del Modelo de Recursos Geológicos**

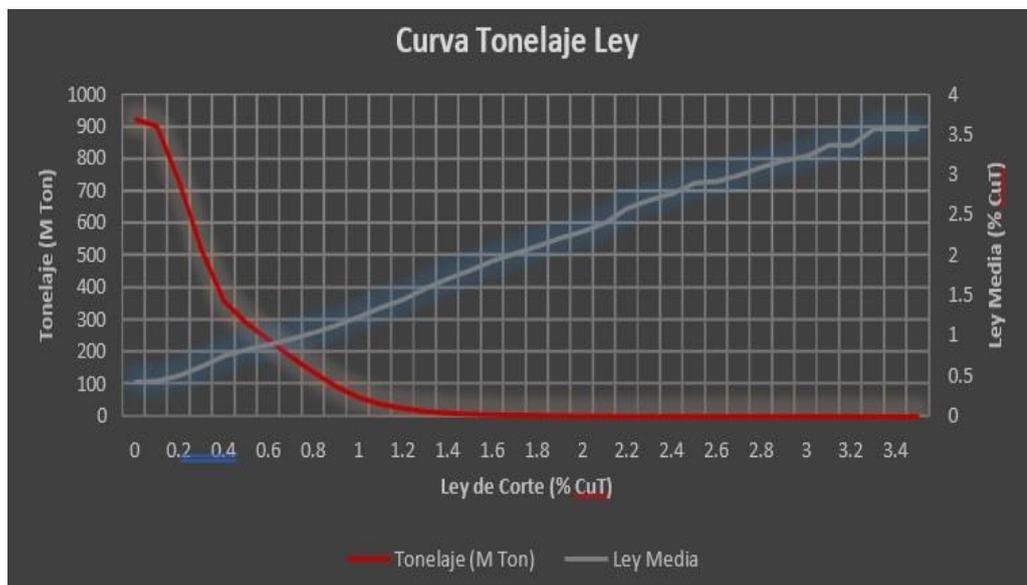
<b>Modelo de recursos geológicos</b>		
Tamaño de Bloque	Metros	20 x 20 x 20
Número de bloques	Bloques	64,708
Densidad	Ton/m <sup>3</sup>	2.60
Ley Media Cu	%	0.25

**Gráficos 10. Curva Tonelaje Ley del modelo de recursos geológicos**



El estado actual del yacimiento es único porque es un pórfido cuprífero que fue minado a cielo abierto. Para seguir extrayendo las reservas geológicas, se ha optado por realizar una transición a un método de minado por hundimiento. La curva tonelaje ley de las reservas que podrían ser extraídas a través de la construcción de bloques utilizando macrobloques en este trabajo se muestra en la Ilustración 11.

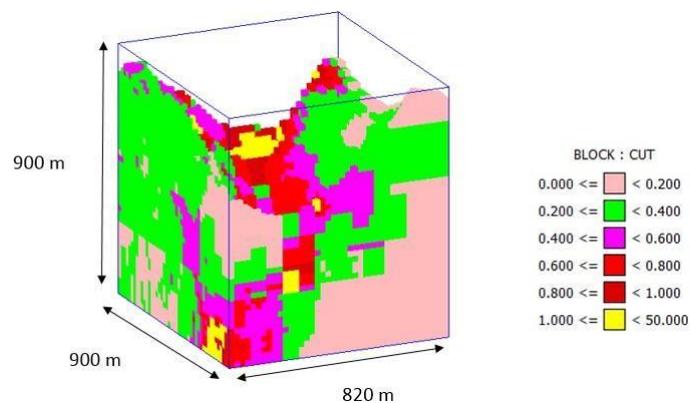
**Gráficos 11. Curva Tonelaje Ley de reservas con potencial para ser minadas mediante Hundimiento de Bloques**



#### 4.2.2 Descripción Geológica y Geotécnica

La roca primaria forma el cuerpo mineralizado. La zona de mineralización tiene una estructura típica de un pórfido cuprífero. Los sulfuros son la característica principal de la zona mineralizada, con el cobre como el elemento más importante. El modelo de recursos con escala de colores según su ley media de cobre se muestra en la Ilustración 12.

**Gráficos 12. Modelo de Recursos Geológico con escala de colores según su ley**



En términos de características específicas, el modelo de recursos geológicos tiene una densidad de 1,83 toneladas por metro cúbico a 2,77 toneladas por metro cúbico y una ley media de cobre de 0,00 % a 3,57 %.

#### 4.2.3 Piso Económico

En la minería del Caving, establecer el nivel de hundimiento se basa en establecer una elevada capacidad de hundimiento. Para determinar el nivel de hundimiento óptimo, se requiere evaluar las columnas mineralizadas que se ubican en una cota previamente establecida. La elevación que da el valor más alto es la que determina el valor máximo.

Para calcular el piso económico, utilizaremos los parámetros técnicos económicos de la Tabla 7.

**Tabla 7. Parámetros Técnicos Económicos**

Parámetros técnico económicos		
Parámetro	Unidad	Valor
Precio del cobre	(\$/lb)	2.55
Costo de operación	(\$/ton)	8
Costo de procesamiento	(\$/ton)	10
Costo venta	(\$/lb)	0.3
Recuperación	(%)	90

Con los parámetros fijados, la Ilustración 13 evidencia que los niveles más profundos del modelo de recursos proporcionan un valor superior, lo que implica que es viable situar el nivel económico en la cota 2120.

**Gráficos 13. Valorización de Piso Económico**



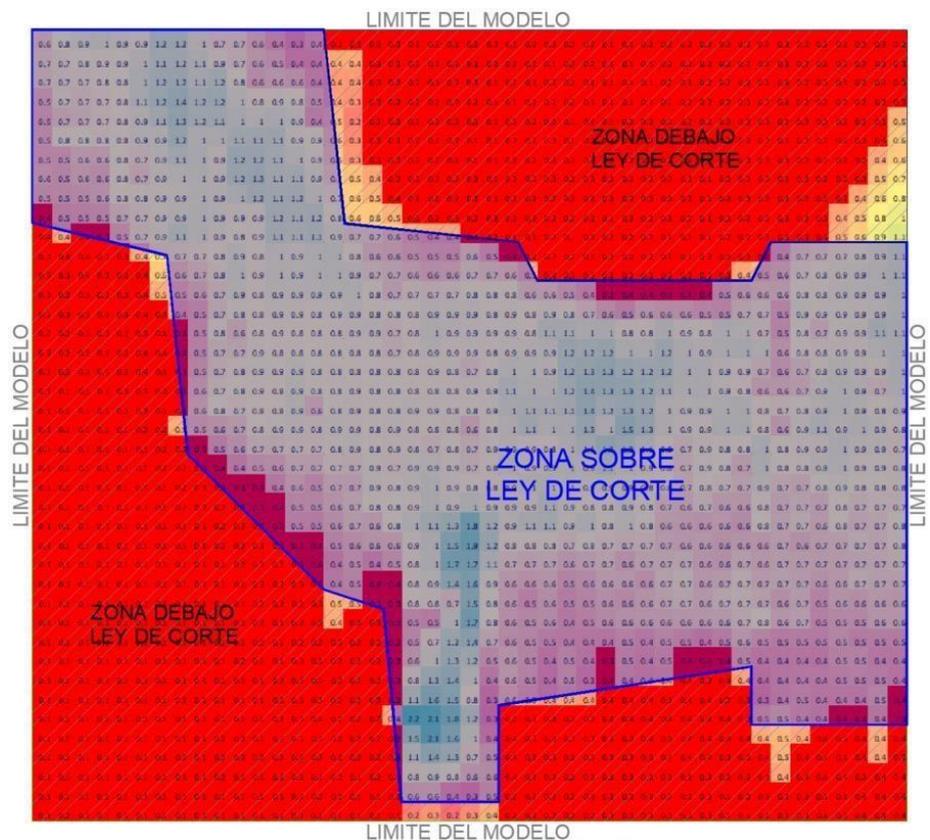
#### 4.2.4 Límites del Piso Económico

Para delinear el piso económico, será necesario establecer una ley de corte utilizando los parámetros técnicos económicos. Esta normativa de corte establecería

que cualquier segmento del piso económico con una ley media de cobro que exceda el 0.40% será factible para instalar macro bloques.

Bajo esta limitación, se emplearía el 53.2% del área total del modelo de recursos geológicos. La Figura 14 ilustra la zona del piso económico que excede la ley de corte y la zona que está por debajo de la ley de corte.

**Gráficos 14. económico del Modelo de Recursos Geológicos definido por una ley de corte, con un color "Azul" en la zona superior a la ley de corte y un color "Rojo" en la zona inferior a la ley de corte**



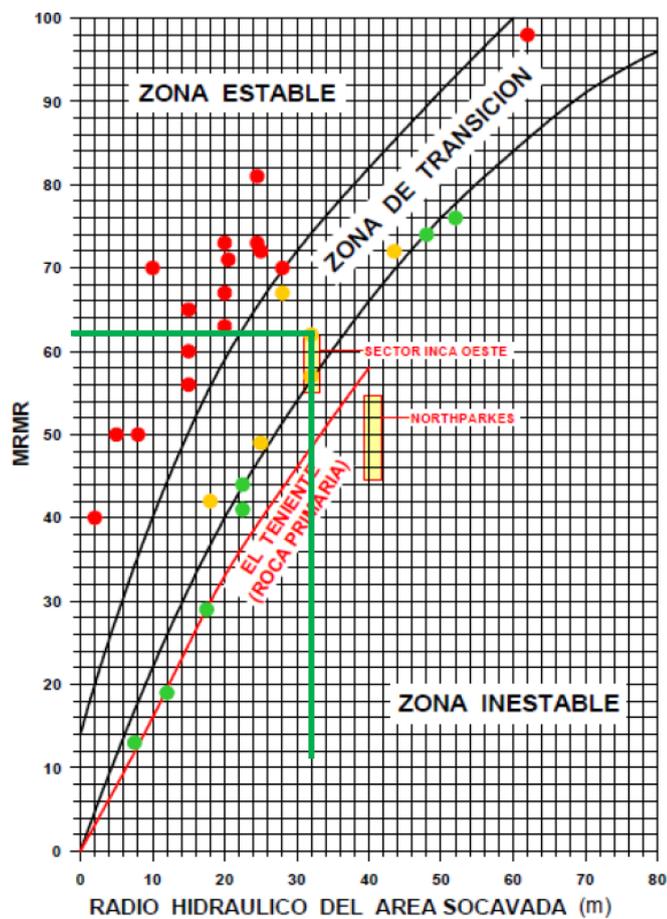
#### 4.2.5 Discretización del Piso Económico en Hundimiento de Bloques (Block Caving)

La discrepancia del piso económico depende principalmente de la calidad del piso rocoso y del radio hidráulico mínimo permitido para el hundimiento

(Laubscher).

Con un valor de cambio de masa de piedra (RMR) de 50 en todo el modelo y fundamentándonos en el ábaco de Laubscher, para establecer la capacidad de hundimiento en las minas de bloques y la edificación de paneles (Laubscher), nos encontramos restringidos a poseer una radio hidráulica de al menos 31 para provocar el hundimiento en los macrobloques, tal como se muestra en la Figura 15.

**Gráficos 15. Establecimiento del Radio Hidráulico idóneo para provocar el hundimiento en un macro bloque (línea verde), empleando un RMR 50 como parámetro inicial**



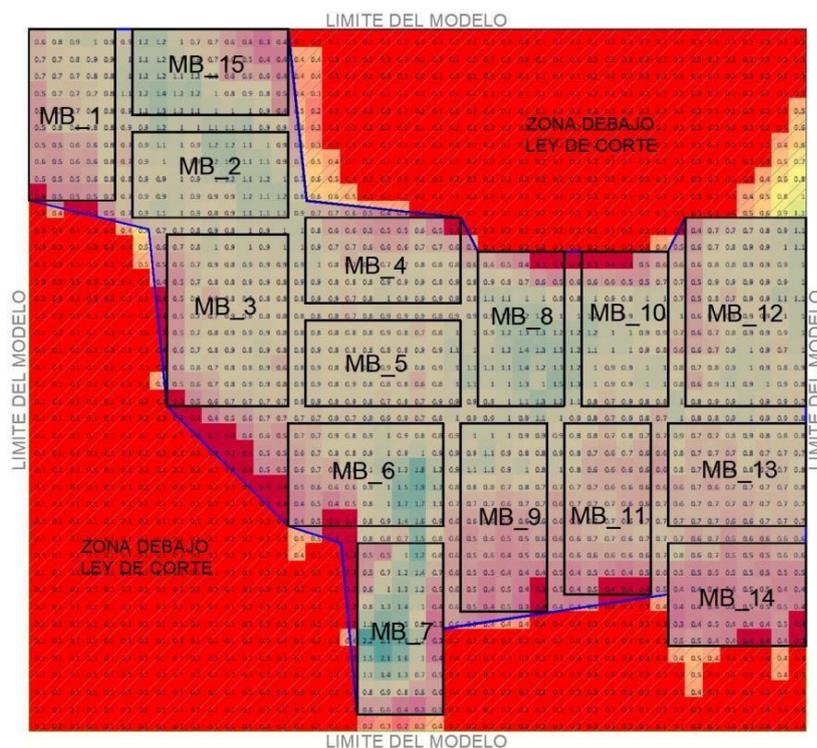
Tomamos en cuenta que necesitamos macro bloques de 100 (m) x 180 (m) para llegar al radio hidráulico de 32.1, que es adecuado para provocar el

hundimiento. Las dimensiones y la ubicación espacial de los macro bloques dentro del piso económico se muestran en la Tabla 8 y la Ilustración 16.

**Tabla 8. Dimensiones de Macro Bloques y su Radio Hidráulico.**

Dimensiones de Macro Bloques						
MB	Dimensiones	RH		MB	Dimensiones	RH
1	100 x 200	33.3		9	100 x 220	34.4
2	100 x 180	32.1		10	100 x 180	32.1
3	140 x 200	41.2		11	100 x 200	33.3
4	100 x 180	32.1		12	140 x 220	42.8
5	100 x 180	32.1		13	120 x 160	34.3
6	120 x 180	36.0		14	120 x 160	34.3
7	100 x 200	33.3		15	100 x 180	32.1
8	100 x 180	32.1				

**Gráficos 16. Distribución espacial de los Macro Bloques contenidos en el Piso Económico**



#### 4.2.6 Cálculo de Envoltura Económica

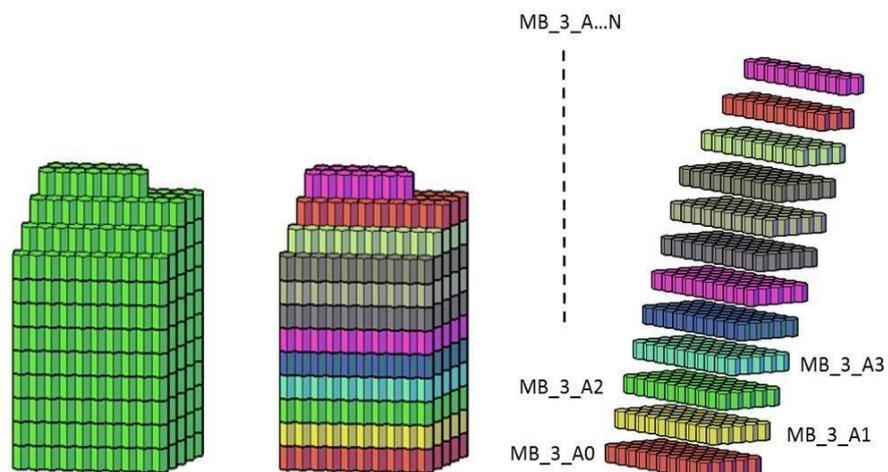
Tras determinar la localización del piso económico y segmentarlo en macro bloques, se aplica el método empleado para determinar la envoltura económica de cada uno de estos bloques. Para determinar la envoltura económica,

se deben valorar todos los macrobloques, con la envolvente económica final aquella que produzca el valor económico más alto.

### **Valorización de Reservas en Macro Bloques**

Para llevar a cabo la evaluación de reservas, congregaremos todos los bloques situados espacialmente a una misma altura y dentro del ámbito del macro bloque. Este conjunto de bloques recibirá el nombre de Unidad Básica de Explotación (UBE) y se compone de un identificador, tonelaje, ley de cobre promedio, tasa de extracción y beneficios. La Ilustración 17 muestra cómo los UBE componen un bloque macro.

**Gráficos 17. Macro Bloque compuesto por UBE's**



En cambio, al llevar a cabo la optimización utilizando las herramientas de Data Mine, la agrupación de los bloques en Unidades Básicas de Extracción nos permitirá disminuir el número de variables ya que mostrarán el mismo comportamiento si trabajamos los bloques de manera individual o agrupados en UBE.

### **Cálculo del Tonelaje en las Unidades Básicas de Explotación**

El tonelaje de las unidades básicas de explotación (UBE) que componen un macro bloque se calcula sumando los tonelajes de los bloques que se encuentran a

una misma cota y dentro del perímetro del macro bloque.

La forma en que se realiza el cálculo del tono para las UBE contiene dentro de un macro bloque se establece en la Ecuación 3.

$$T = \sum_{i=1}^n v_i * \rho_i + \dots v_n * \rho_n$$

### **Ecuación 3 Ecuación utilizada para el cálculo del tonelaje de las UBE.**

Donde:

T: tonelaje total de la UBE (ton)v: volumen del bloque (m<sup>3</sup>)

$\rho$ : densidad del bloque (ton/m<sup>3</sup>)

### **Ley Media de Cobre en las Unidades Básicas de Extracción**

El porcentaje de contenido de metal en cada UBE se conoce como la ley media de cobre. La ecuación 4 ilustra el procedimiento para determinar la ley promedio de cobre para cada UBE.

$$\overline{Ley\ Cu} = \frac{\sum_{i=1}^n cut\ i * ton\ i + \dots cut\ n * ton\ n}{\sum_{i=1}^n ton\ i + \dots ton\ n}$$

### **Ecuación 4 se utiliza para calcular la ley media de cobre en las UBE.**

Ley Cu: ley media de cobre de la UBE (%) cut: ley de cobre total del bloque (%) ton: tonelaje del bloque (ton)

### **Valorización de Beneficio en las Unidades Básicas de Explotación**

Para valorar los beneficios de las UBE, es obligatorio sumar los beneficios de todos los bloques ubicados a una misma elevación y dentro del perímetro del macrobloque.

Como se mencionó anteriormente, se utilizarán dos métodos para realizar

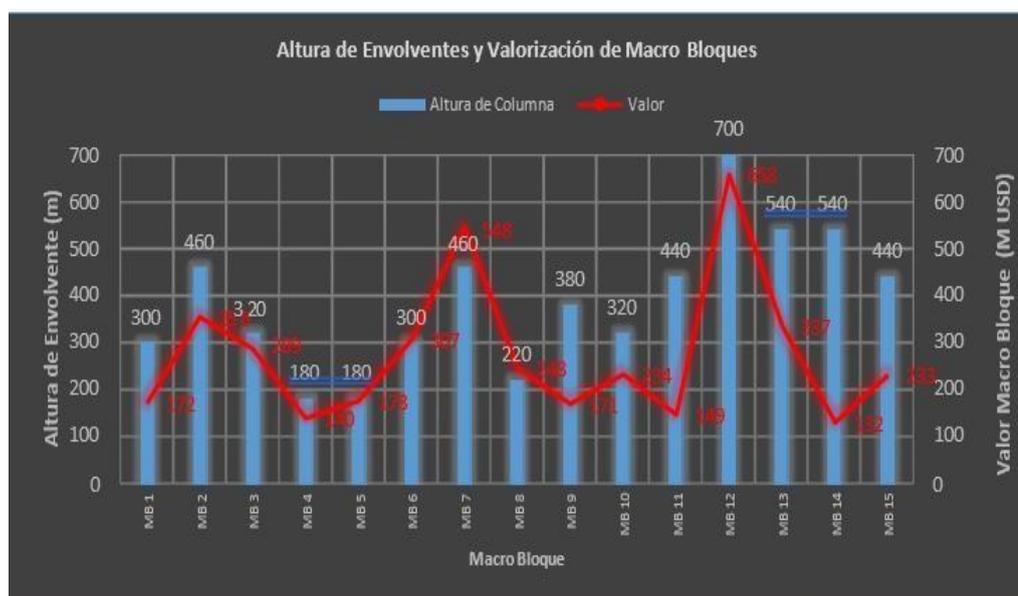
esta valorización. La primera metodología emplea los parámetros técnicos económicos de la Tabla 1 y la Ecuación 1 para el cálculo, considerando el costo operativo como fijo durante la evaluación.

Por el contrario, la segunda técnica divide el costo de operación en costos fijos y costos variables. Debido a que se producen independientemente del nivel de producción, los costos fijos permanecerán constantes en la valorización y los costos variables disminuirán si el nivel productivo o el área de entrega de producción del macro bloque disminuye. Los costos fijos y variables de la Tabla 3 y los parámetros técnicos económicos de la Tabla 1 y la Ecuación 2 se utilizaron para valorizar los bloques.

### Resumen de Valorización y Envoltentes de Macro Bloques

La figura 18 presenta una síntesis de la valoración y la altura de envoltente de los macrobloques, tomando el costo operativo como una variable fija, mientras que la figura 19 segmenta el costo operativo en costos fijos y costos variables.

**Gráficos 18. Alturas de Envoltentes y Valores Económicos de Macro Bloques considerando el costo de operación como fijo.**



**Gráficos 19. Los valores económicos de los macrobloques y las alturas de las**

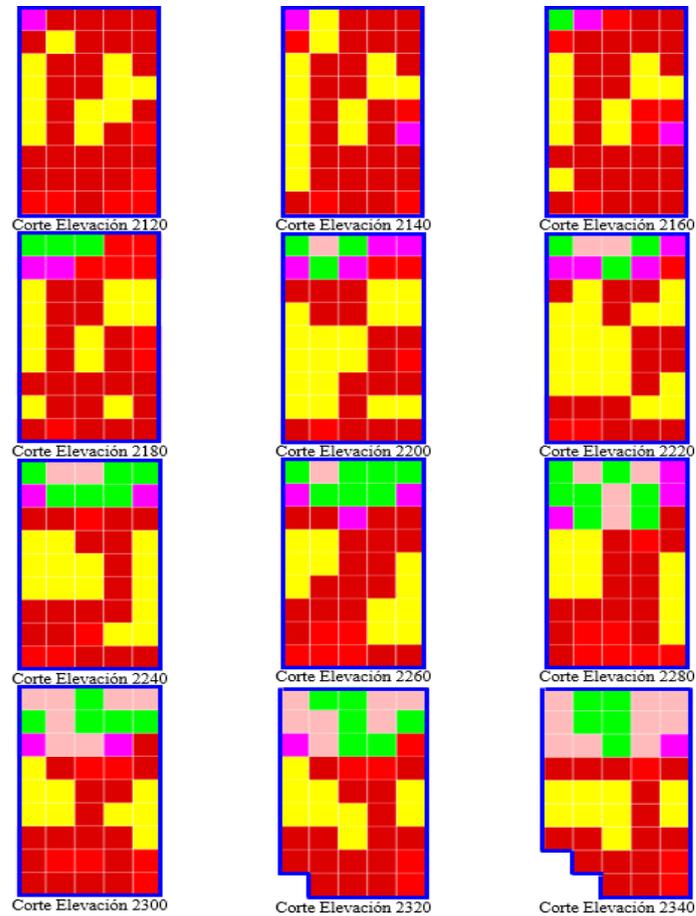


**envolventes se dividen en costos fijos y variables.**

#### 4.2.7 Velocidades de Extracción

Para determinar las velocidades de extracción, es necesario medir la altura de la columna de los macrobloques, comenzando en la cota 2,120, donde se situó el piso económico. Para resolver el problema de las velocidades de extracción en los macro bloques, tomemos en cuenta el 100% de la altura de la columna (la altura en la que no se haya reducido el nivel productivo del macro bloque). desarrollado el piso económico. La Figura 22 presenta cortes a diversos niveles, y se puede apreciar que el corte a la altura 2,320 señala una reducción en el nivel de producción del macro bloque.

**Gráficos 20. Macro bloque con cortes a cada 20 metros, donde el área de producción se delimita en color “azul”**



Para evitar colgaduras y reducir la actividad sísmica causada por el material quebrado, es necesario controlar las velocidades de extracción. Para tratar este asunto, se considerarán velocidades reducidas al iniciar la extracción de la columna mineralizada, velocidades medias al lograr el 30% de la columna mineralizada y velocidades elevadas al lograr el 60% de la columna mineralizada. Las alturas de columna de cada macro bloque y las velocidades de extracción utilizadas para cada uno de ellos se muestran en la Tabla 7.

**Tabla 9. Alturas de Columna de Macro Bloques y Velocidades de Extracción Utilizadas**

Macro Bloque	Altura Columna (m)	Velocidad de extracción (Ton/m <sup>2</sup> /día)		
		0 a 30% Altura Columna	30 a 60% Altura Columna	60 a 100 % Altura Columna
MB 1	240	0.16	0.35	0.75
MB 2	240			
MB 3	180			
MB 4	180			
MB 5	180			
MB 6	180			
MB 7	360			
MB 8	180			
MB 9	180			
MB 10	200			
MB 11	180			
MB 12	360			

#### **4.2.8 Restricciones Adicionales**

Este estudio también utiliza restricciones de capacidad e infraestructura para simular una explotación de construcción de bloques mediante macrobloques.

##### **Restricciones de capacidad**

Las restricciones de capacidad tomadas en cuenta dos puntos: primero, determine el nivel productivo que podría entregar un conjunto de macro bloques en producción; y segundo, evalúe si se ha podido alcanzar dicha producción en otros proyectos explotados por bloques, lo que resultó en una restricción de capacidad de 50 000 toneladas por día.

## **Restricciones de infraestructura**

Para cumplir con la propuesta de restricción de capacidad, es necesario preparar un cierto número de macro bloques que puedan producir. Se tomaron diferentes horarios para este proyecto, Esto motivó la creación de una infraestructura de cinco macro bloques que proporcionarían producción durante el periodo inicial del ramp up. Además, se incorporaron dos macro bloques tras cada año, con el objetivo de llegar al régimen de producción estimado de 50 k ton/día. Para lograr este sistema, se requerirán nueve macro bloques que proporcionarán producción al mismo tiempo.

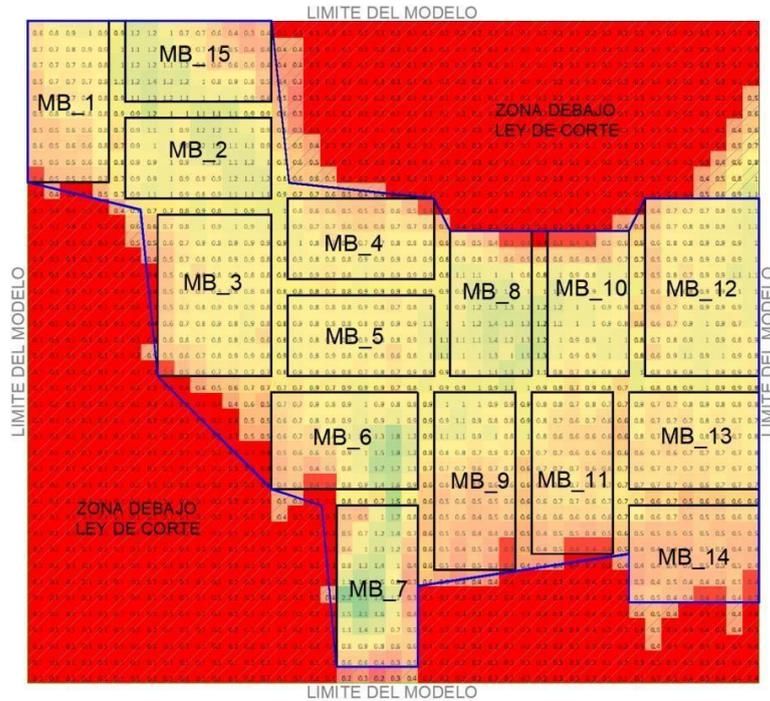
### **4.2.9 Secuencia de Minado de Macro Bloques**

Incorpora una evaluación financiera de los macrobloques, la cual determina el tonelaje, la tasa de extracción, la ley de medios de cobro y el beneficio. Una vez obtenido el análisis económico, se selecciona la secuencia de minería de los bloques macro para incrementar al máximo el valor neto presente.

La metodología del costo de oportunidad se utilizará para determinar la secuencia de minado de los macro bloques (De la Huerta [5]). el cual implica comenzar la producción con los macrobloques con el mayor beneficio y luego dejar los macrobloques con el poco beneficio.

La Ilustración 23 exhibe la disposición espacial de los macro bloques ubicados en el suelo económico y una escala de color de ley de cobre. Las leyes de mayor relevancia se ilustran en verde y las de menor relevancia en rojo

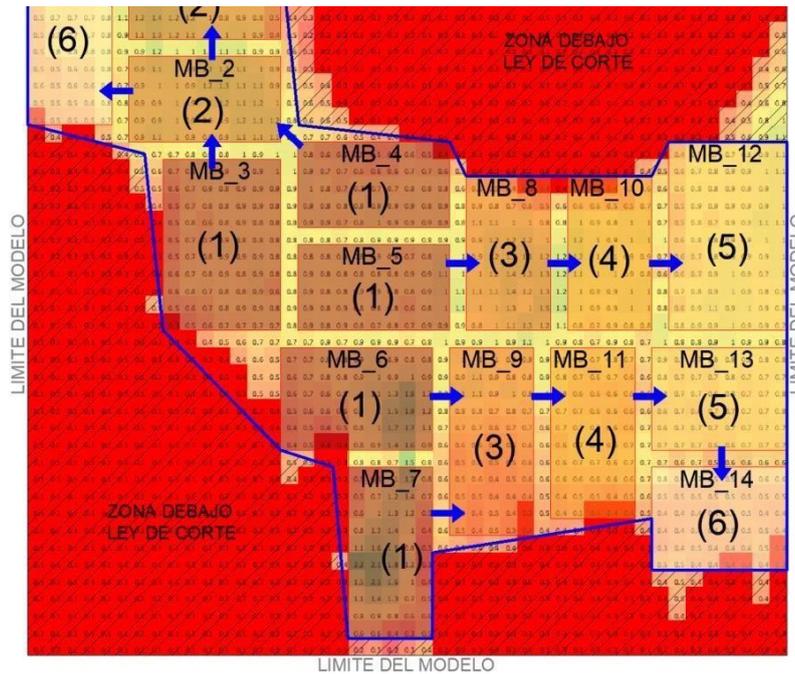
**Gráficos 21. Distribución espacial de macro bloques incluidos en el piso económico y escala de color de la ley de cobre, el color "Verde" simboliza las leyes de mayor altura y el color "Rojo" simboliza las leyes de menor altura**



La secuencia de minado de los macro bloques una vez valorizados se procesa utilizando su valor y cumpliendo las restricciones horizontales.

La Ilustración 24 presenta la sucesión de minado de macro bloques. La programación inicia con los bloques macro 3, 4, 5, 6 y 7. Tras el primer ciclo, se incorporan los macro bloques 2 y 15, y tras el segundo ciclo, se incorporan los macro bloques 8 y 9, permitiendo así la limitación de nueve macro bloques en producción al mismo tiempo. Se agregarán los macro bloques 10, 11, 12, 13, 14 y 1 al agendamiento después de completar alguno de los anteriores.

## Gráficos 22. Secuencia de Minado de Macro Bloques



### 4.2.10 Planeamiento Optimo de Extracción en Data Mine

Para realizar el planeamiento óptimo de extracción utilizaremos la herramienta del Data Mine, desarrollada en el Area de Planificación de la Compañía de Minas Buenaventura.

#### Registros de Actividades y Procedimientos

Para realizar el planeamiento, la herramienta de Data Mine necesita un archivo de actividades y un archivo de precedentes. Las unidades básicas de extracción (UBE) forman parte del archivo de actividades, y las reservas de un macro bloque se componen de un conjunto de UBE. Cada UBE tendrá un identificador de actividad, un tonelaje, una ley media de cobre, una tasa de extracción y un beneficio. Una sección del archivo de actividades utilizadas en el plan se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10. Sección de archivo de actividades**

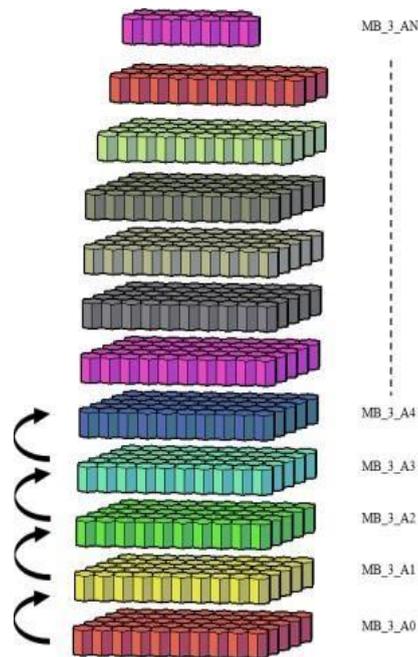
<b>ID Actividad</b>	<b>Tonelaje</b>	<b>Ley de <u>CuT</u> %</b>	<b>Beneficio \$</b>	<b>Tasa Extracción</b>
MB_4_A0	997,200	0.896	21,945,441	4.8

En términos generales, el archivo de precedentes tiene como objetivo dar orden de inicio y final a las actividades incluidas en el plan. Una parte del archivo de precedentes se muestra en la Tabla 11 y la Ilustración 23 muestra la descripción gráfica.

**Tabla 11. Sección de archivo de precedencias**

<b><u>Predecesor</u></b>	<b><u>Sucesor</u></b>	<b>Grupo</b>
MB_3_A0	MB_3_A1	3
MB_3_A1	MB_3_A2	3
MB_3_A2	MB_3_A3	3
MB_3_A3	MB_3_A4	3
MB_3_A4	MB_3_AN	3

### Gráficos 23. Descripción gráfica de precedencias



#### 4.3. Prueba de Hipótesis

Por intermedio de las variables Independiente y Dependiente, realizaremos la prueba de hipótesis de acuerdo a como estuvieron presentadas estas variables, con lo cual se acepta la hipótesis:

Aplicación de Método de Minado Hundimiento de Bloques para la Extracción del Mineral de Baja Ley en la Mina Chipmo de la UEA. Orcopampa - Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

- **H0:** Aplicación de Método de Minado Hundimiento de Bloques en la Mina Chipmo de la UEA. Orcopampa.
- **H1:** Extracción del Mineral de Baja Ley en la Mina Chipmo de la UEA. Orcopampa.

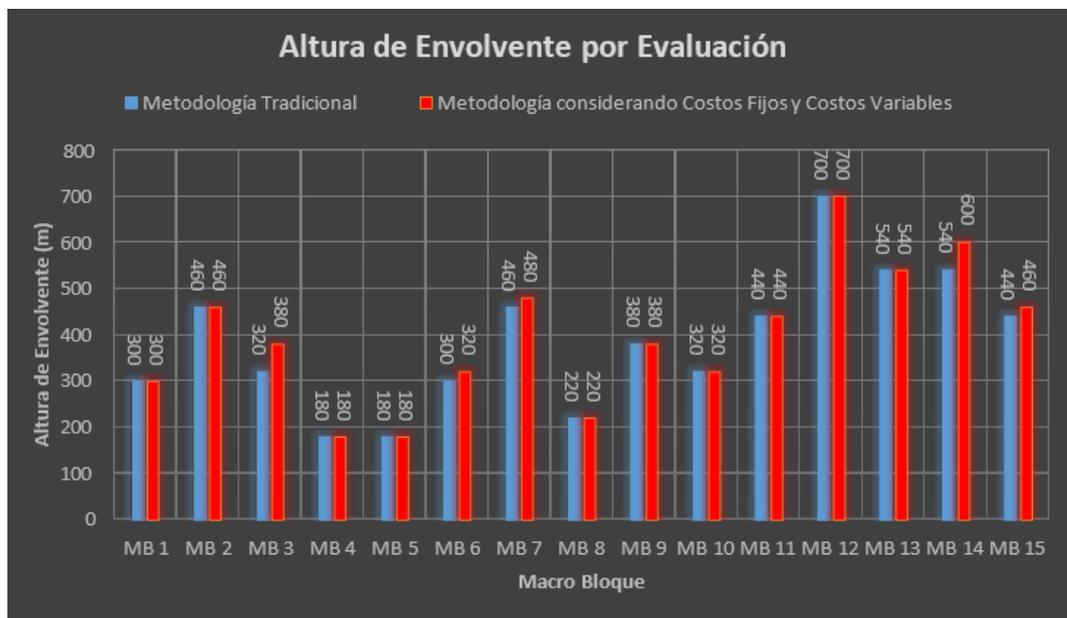
#### 4.4. Discusión de Resultados

##### 4.4.1. Estudio de Alturas de Envolvente por Macro Bloque

Como se indicó previamente, este estudio emplea dos técnicas para tratar la

valoración económica de los macro bloques incluidos en el modelo de recursos geológicos. La primera metodología percibe el costo operativo como una variable constante en la evaluación, en cambio, la segunda metodología segmenta el costo operativo en costos fijos y costos variables, considerando el nivel de producción de los macro bloques que están proporcionando producción. La Gráfica 7 ilustra la variación en la altura de la envolvente en los macro bloques de acuerdo con la metodología aplicada.

**Gráficos 24. La altura de una columna en un bloque de macro según su metodología**



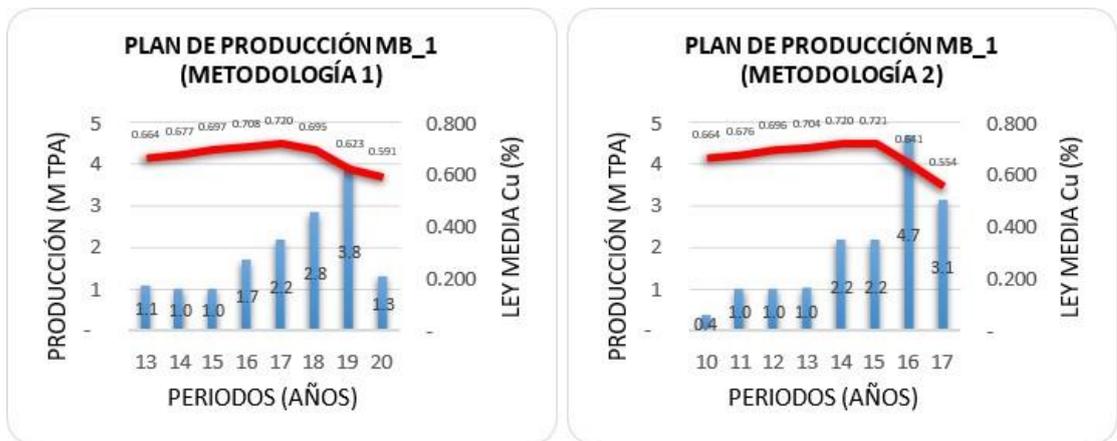
El contraste entre ambas evaluaciones revela un incremento en la altura de la columna en los macro bloques 3, 6, 7, 14 y 15, los cuales fueron evaluados mediante el método que segmenta el costo operativo en costos fijos y costos variables. Esto ocurre porque al reducir la productividad de los macro bloques, se reducen los costos variables, lo que posibilita añadir reservas a lo previsto.

#### **4.4.2. Metodología para planificar individualmente los macrobloques en su etapa de producción**

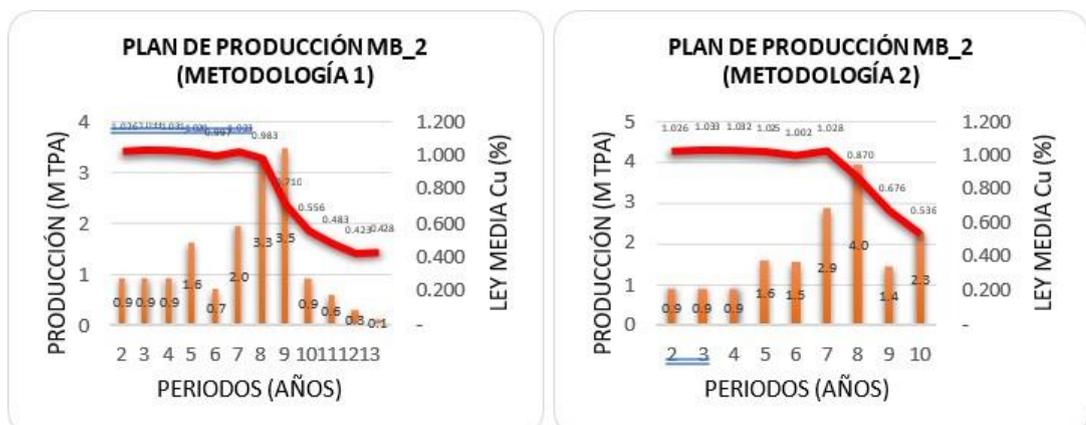
El planeamiento de macrobloques en su etapa de producción se ilustra en este acápite.

Los planos de producción de los macrobloques se muestran en las siguientes gráficas, que muestran el periodo de inicio y terminación de la producción, el tonelaje y la ley entregada. Para efectos de visualización, la metodología 1 considera el costo de operación como fijo, mientras que la metodología 2 lo divide en costos fijos y costos variables.

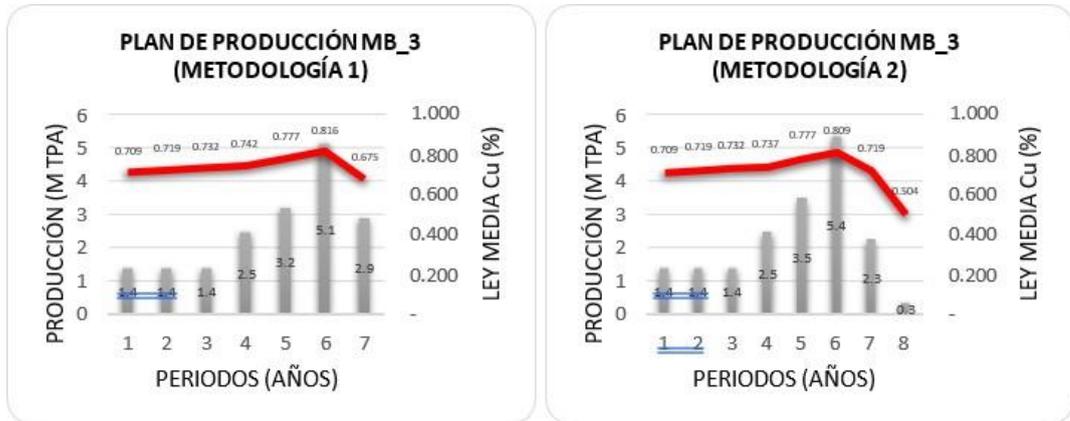
**Gráficos 25. técnica de producción del Bloque 1 de Macro según su metodología**



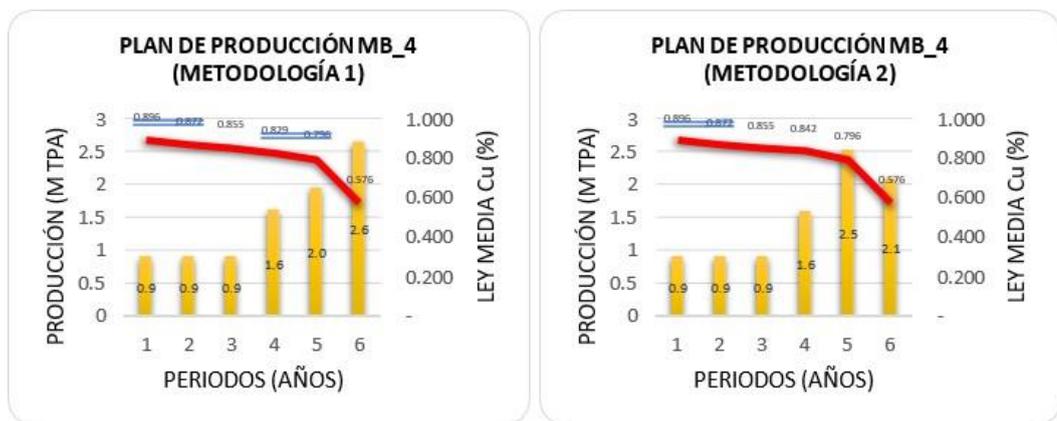
**Gráficos 26. técnica de producción del Bloque 2 de Macro según su metodología**



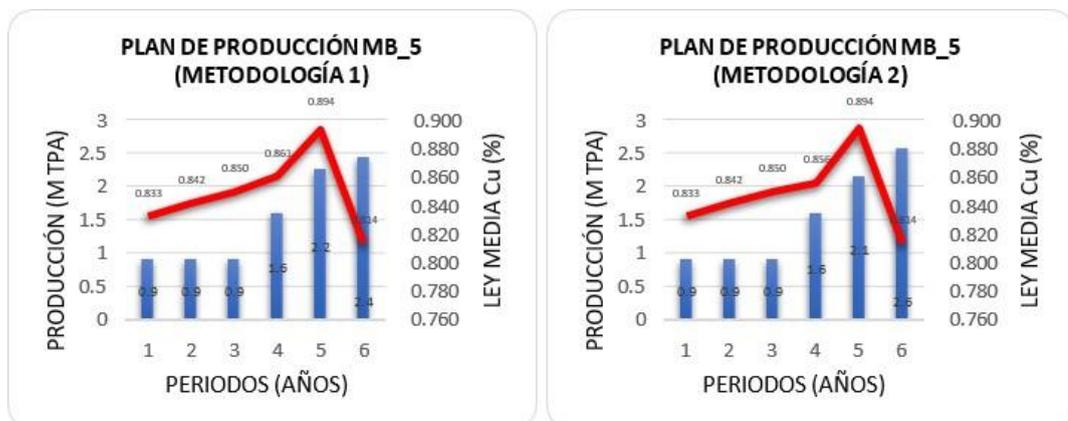
**Gráficos 27. procedimiento de producción del Bloque 3 de Macro según su metodología**



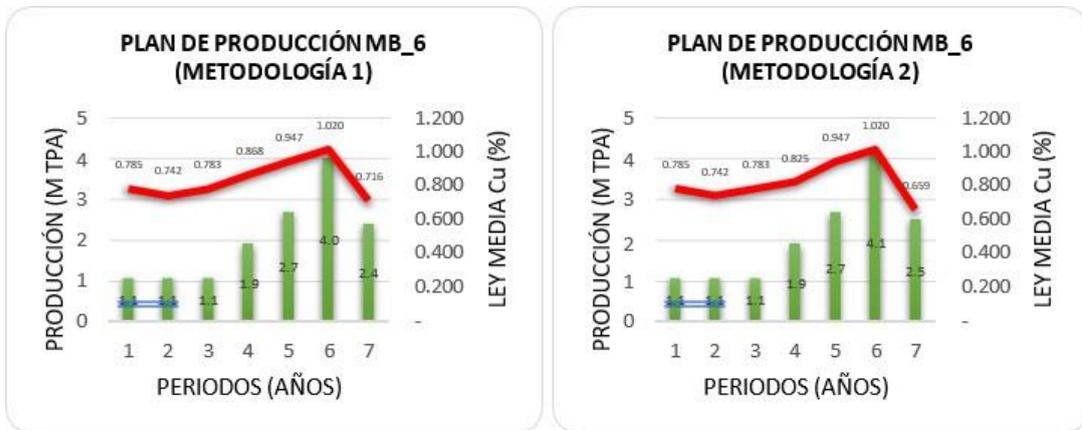
**Gráficos 28. procedimiento de producción del Bloque 4 de Macro según su metodología**



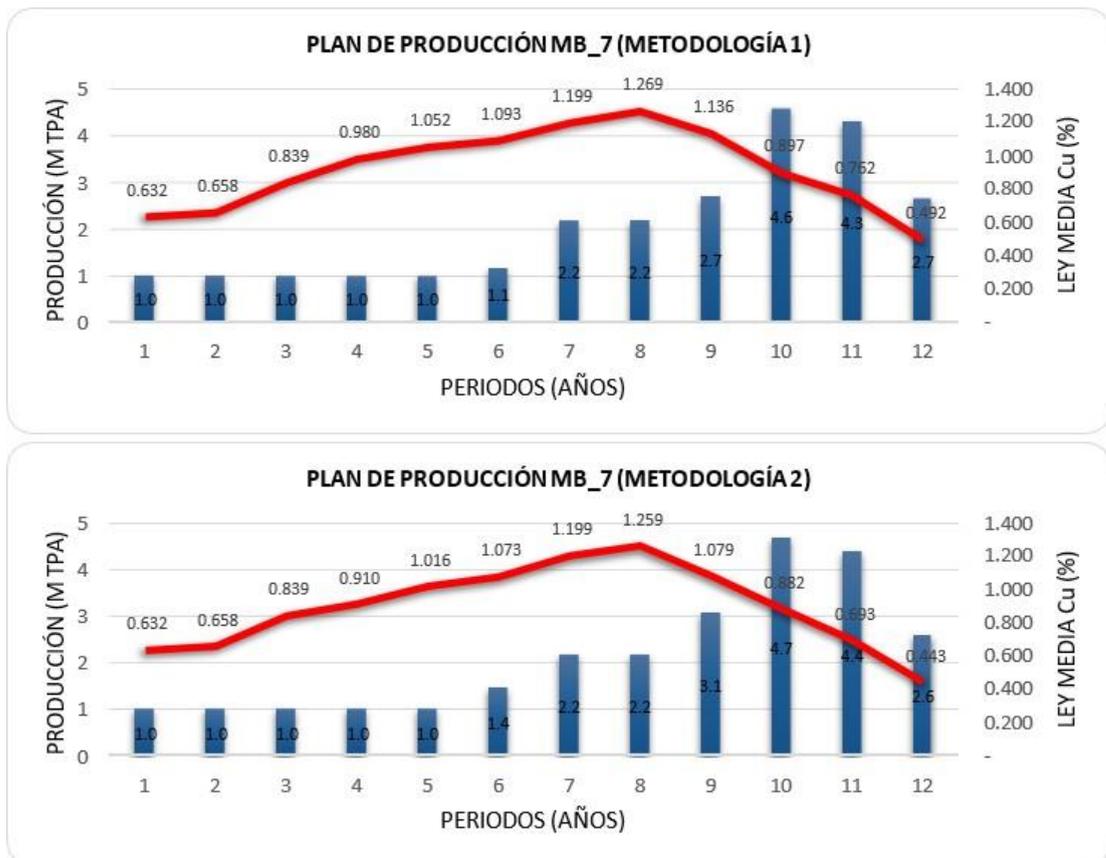
**Gráficos 29. método de producción del Bloque 5 de Macro según su metodología**



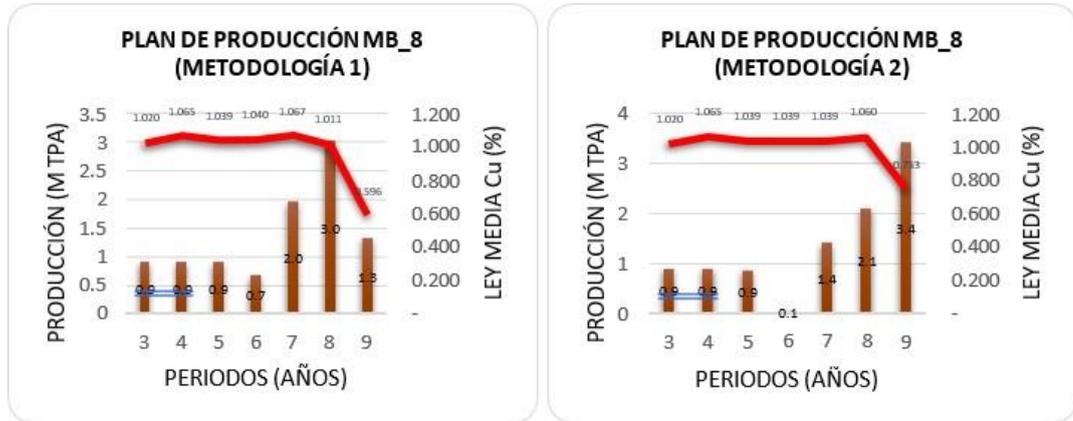
**Gráficos 30. método de producción del Bloque 6 de Macro según su metodología**



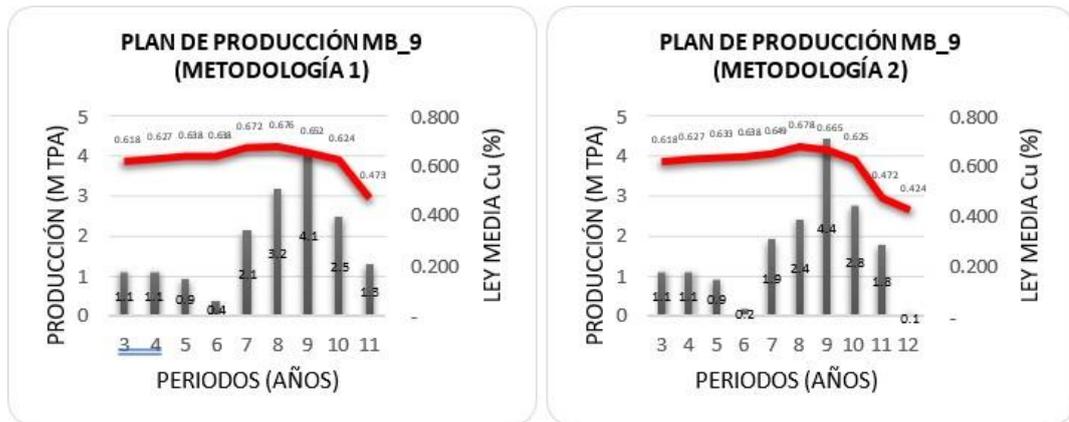
**Gráficos 31. método de producción del Bloque 7 de Macro según su metodología**



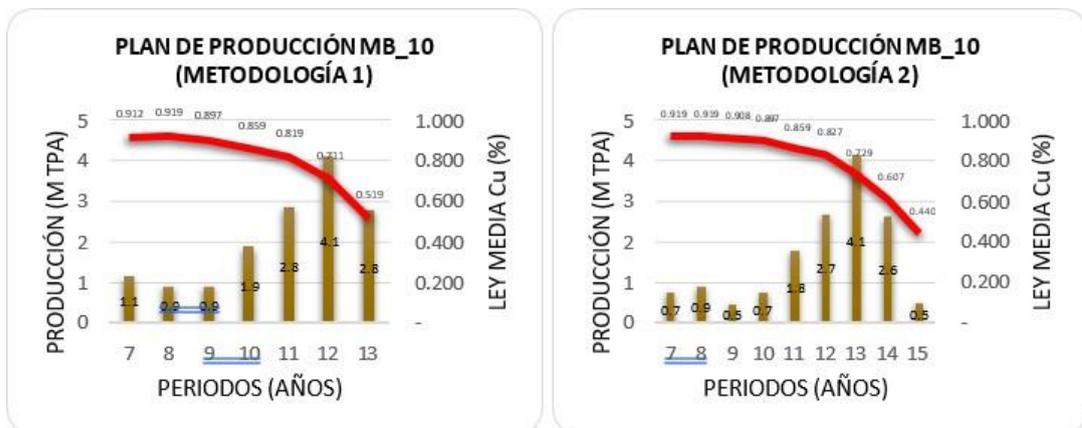
**Gráficos 32. método de producción del Bloque 8 de Macro según su metodología**



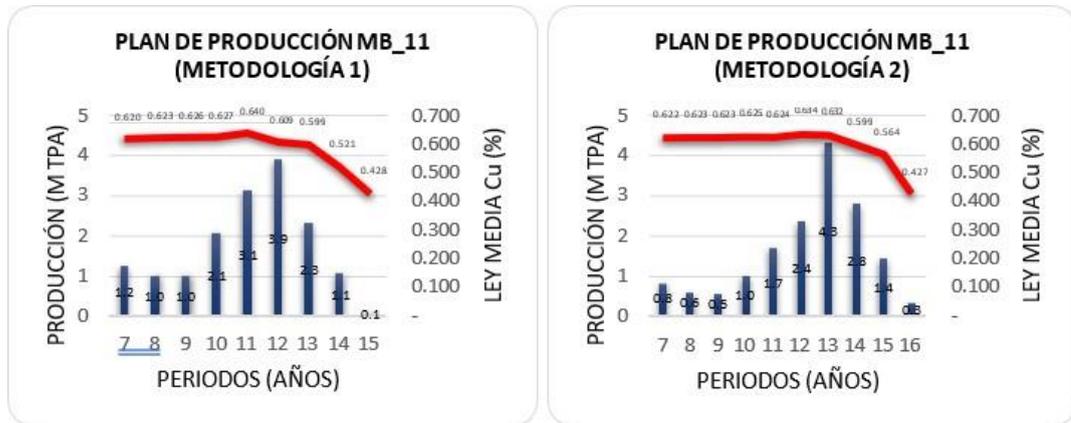
**Gráficos 33. plan de producción del Bloque 9 de Macro según su metodología**



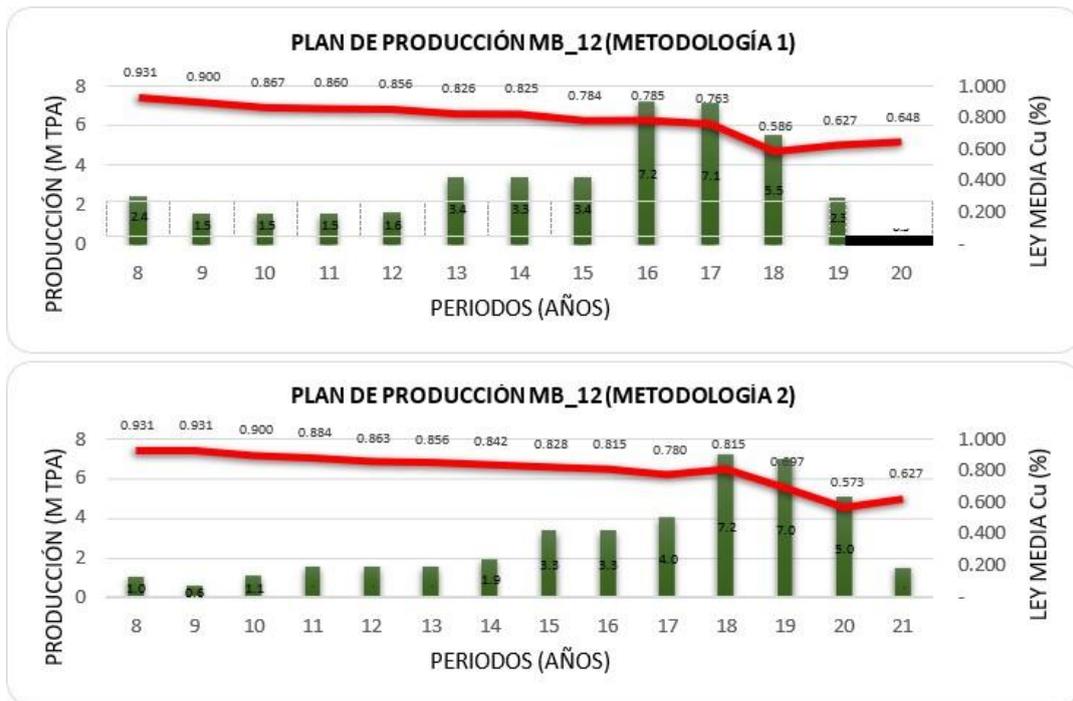
**Gráficos 34. plan de producción del Bloque 10 de Macro según su metodología**



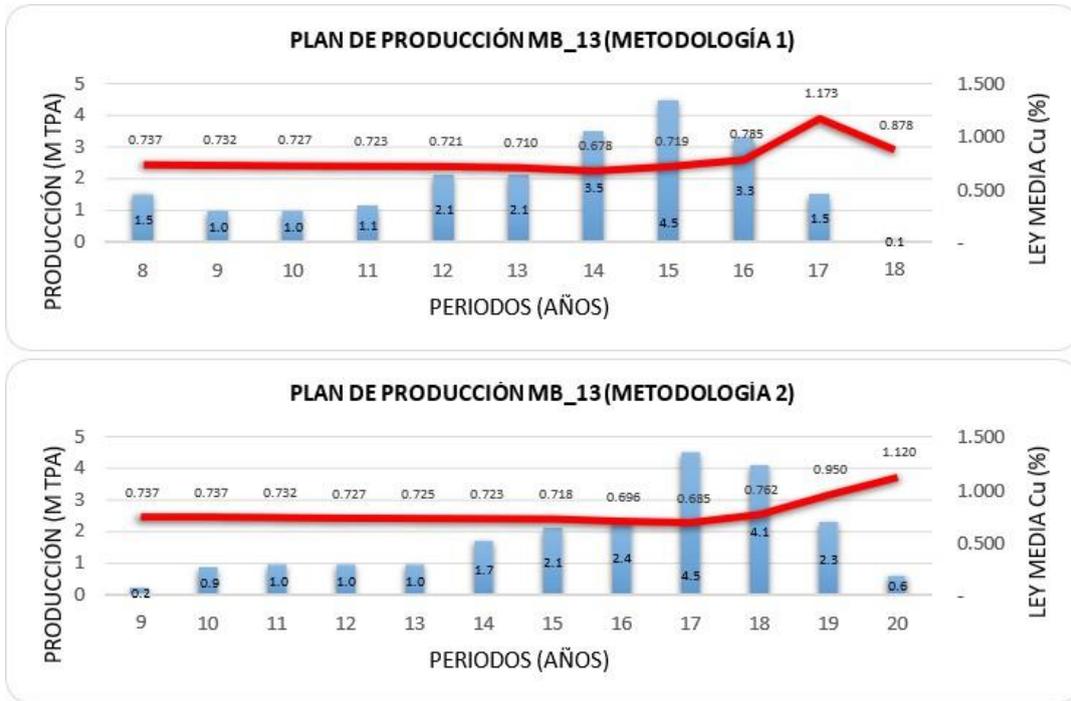
**Gráficos 35. plan de producción del Bloque 11 de Macro según su metodología**



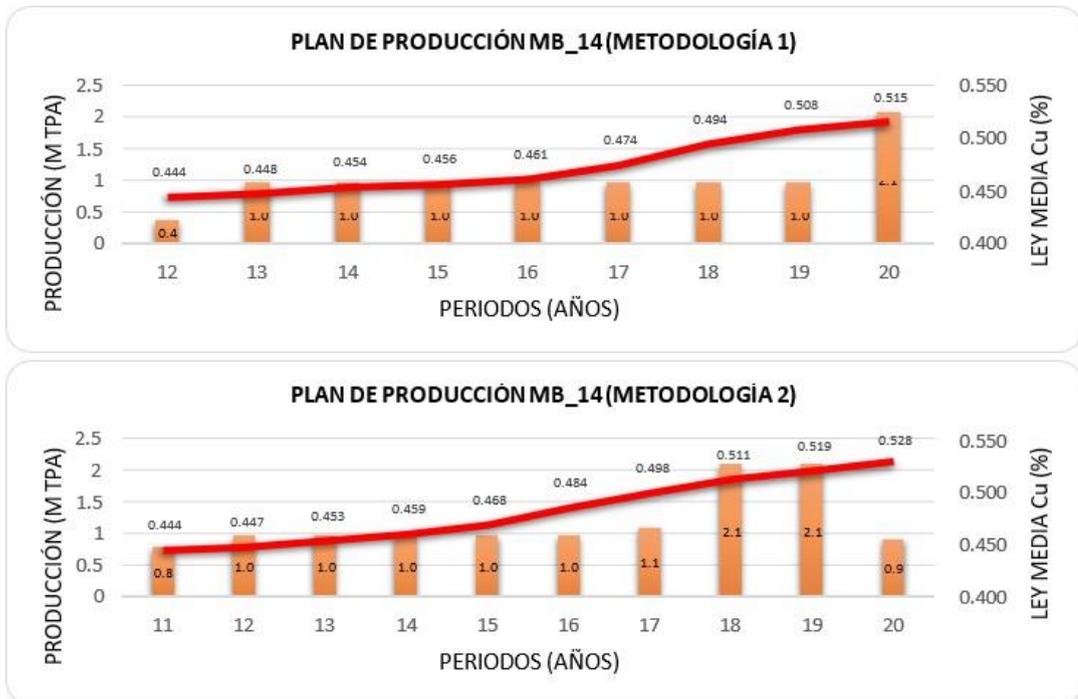
**Gráficos 36. plan de producción del Bloque 11 de Macro según su metodología**



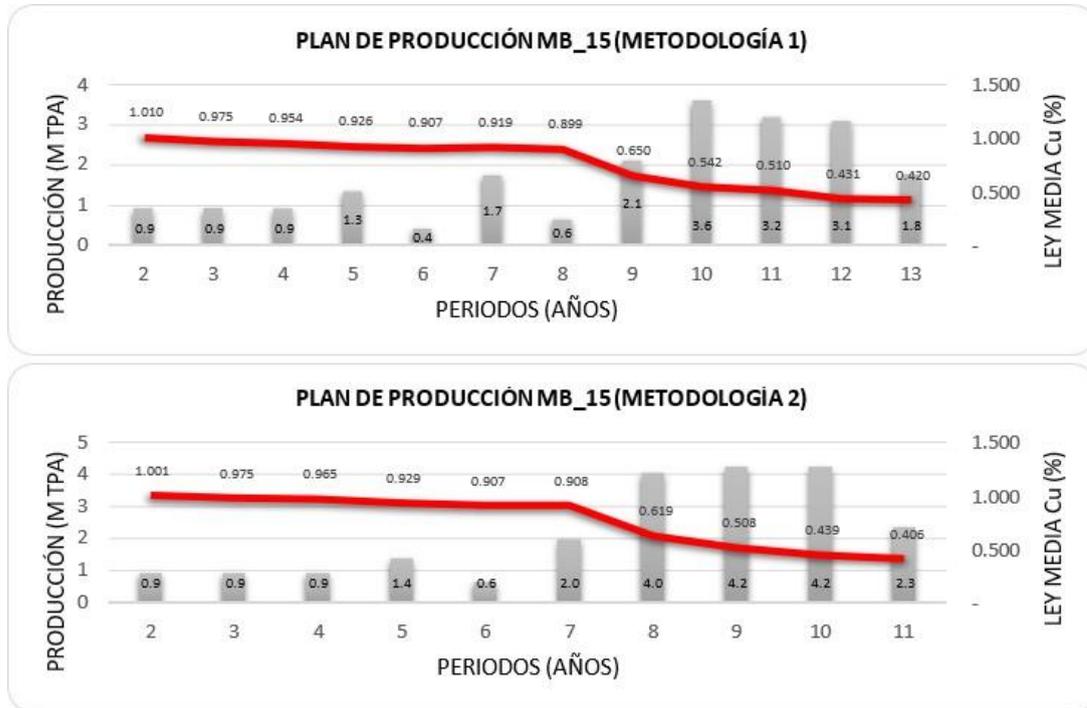
**Gráficos 37. plan de producción del Bloque 13 de Macro según su metodología**



**Gráficos 38. plan de producción del Bloque 14 de Macro según su metodología**



**Gráficos 39. plan de producción del Bloque 15 de Macro según su metodología**



Debido a que ambas metodologías utilizan las mismas restricciones de planificación, los planos de producción de macro bloques muestran un comportamiento similar en el tonoextraído y la ley media de cobre por período.

En relación con la ley media de cobro, los macrobloques 2, 4, 8, 9, 10, 11, 12 y 15 proporcionan una ley más favorable al comienzo del agendamiento y las leyes más bajas al final. Adicionalmente, los macro bloques 1, 3, 5, 6, 7, 13 y 14 proporcionan leyes de cobre más bajas al comienzo y superiores al término. Esto ocurre porque las leyes más favorables de estos macro bloques están situadas en una posición más alta donde se posicionó el nivel económico.

Otro punto importante a tener en cuenta es el tiempo de planificación de las metodologías; El enfoque que percibe el costo operativo como una variable fija consta de 20 períodos, en cambio, el enfoque que segmenta el costo operativo en

costos fijos y costos variables cuenta con 21 períodos. Esto ocurre porque el método que segmenta el costo operativo en costos fijos y variables añade reservas extra al plan.

#### 4.4.3. Duración de los macro bloques en el Planeamiento

La Tabla 12 muestra el inicio, el fin y la duración de la producción de los macro bloques, que varían según su metodología.

**Tabla 12.**  
**El tiempo de inicio del minado (I), el tiempo de finalización del minado (T)**  
**y el tiempo de elaboración de los macro bloques (D)**

	MB_1			MB_2			MB_3			MB_4			MB_5		
	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D
METODOLOGIA COSTO DE OPERACION COMO UNA VARIABLE FIJA	13	20	8	2	13	12	1	7	7	1	6	6	1	6	6
METODOLOGIA COSTO DE OPERACION DESGLOSADO EN COSTOS FIJOS Y COSTOS VARIABLES	10	17	8	2	10	9	1	8	8	1	6	6	1	6	6
	MB_6			MB_7			MB_8			MB_9			MB_10		
	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D
METODOLOGIA COSTO DE OPERACION COMO UNA VARIABLE DETERMINISTA	1	7	7	1	12	12	3	9	7	3	11	9	7	13	7
METODOLOGIA COSTO DE OPERACION DESGLOSADO EN COSTOS FIJOS Y COSTOS VARIABLES	1	7	7	1	12	12	3	9	7	3	12	10	7	15	9
	MB_11			MB_12			MB_13			MB_14			MB_15		
	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D
METODOLOGIA COSTO DE OPERACION COMO UNA VARIABLE DETERMINISTA	7	15	9	8	20	13	8	18	11	12	20	9	2	13	12
METODOLOGIA COSTO DE OPERACION DESGLOSADO EN COSTOS FIJOS Y COSTOS VARIABLES	7	16	10	8	21	14	9	20	12	11	20	10	2	11	10

Examinando la tabla previa, observamos que existe una variación en los tiempos de comienzo y término de los macrobloques según la metodología empleada. Esto ocurre porque la metodología, que segmenta el costo operativo en

costos fijos y costos variables, incluye un mayor número de reservas extraíbles en ciertos macrobloques.

#### **4.4.4. Análisis del Planeamiento**

El método de planificación que considera los costos operativos como una variable fija ofrece un plan de producción de 20 períodos.

El plan de producción suministrado experimenta un incremento progresivo en la producción durante cinco períodos (Ramp Up), llegando a su máxima capacidad en el seis período (18 MDT). Después de mantener la producción en régimen durante siete períodos, la producción disminuye durante ocho períodos (Ramp Down) hasta agotar las reservas extraíbles. El plan de producción de la primera metodología se muestra en la Ilustración 40.

No obstante, los hallazgos de la metodología que segmenta el costo operativo en costos fijos y variables proporcionan un plan de producción de 21 períodos.

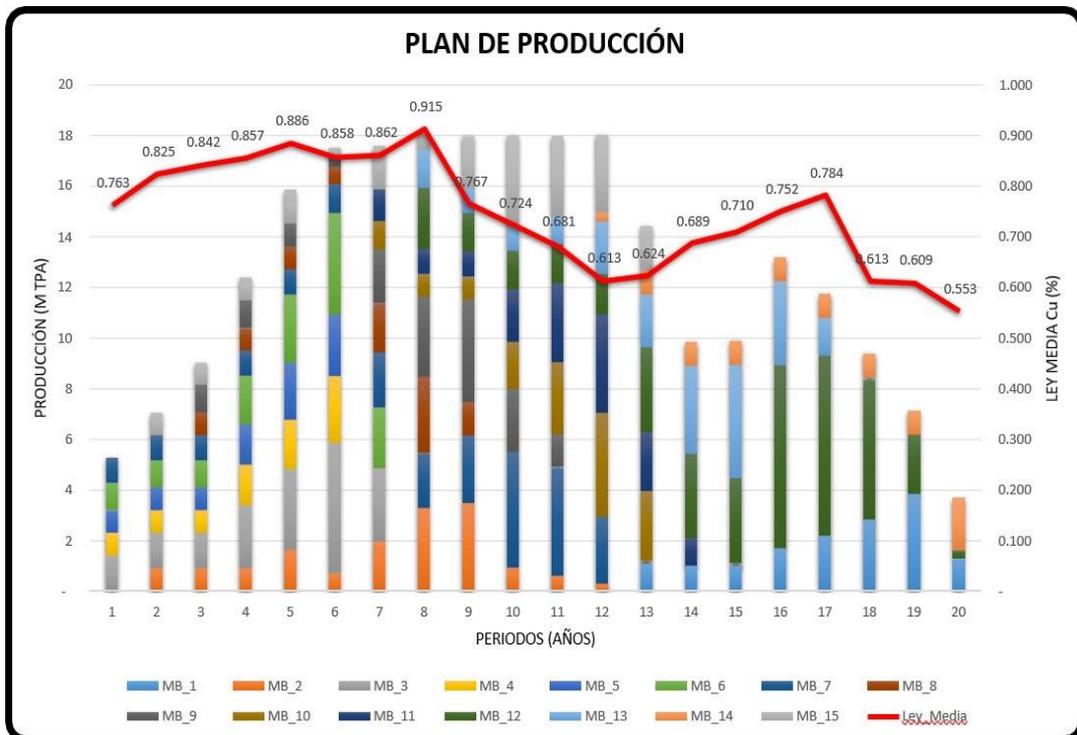
El segundo plan de producción establece un plan de incremento de producción que implica un incremento progresivo en la producción durante cinco períodos (Ramp Up), llegando a su máxima capacidad en el período seis (18 MDT). Consiga mantener la producción estable durante seis períodos, después experimente una reducción en la producción durante diez períodos (Ramp Down) hasta lograr el total de reservas. El plan de producción mencionado anteriormente se muestra en la Ilustración 41.

Es importante destacar que durante la etapa de Ramp Down de la producción, el primer plan de producción experimenta descensos y aumentos en la producción. En contraposición, en esta fase, el segundo plan de producción opera de forma más homogénea, buscando mantener una producción que decrezca

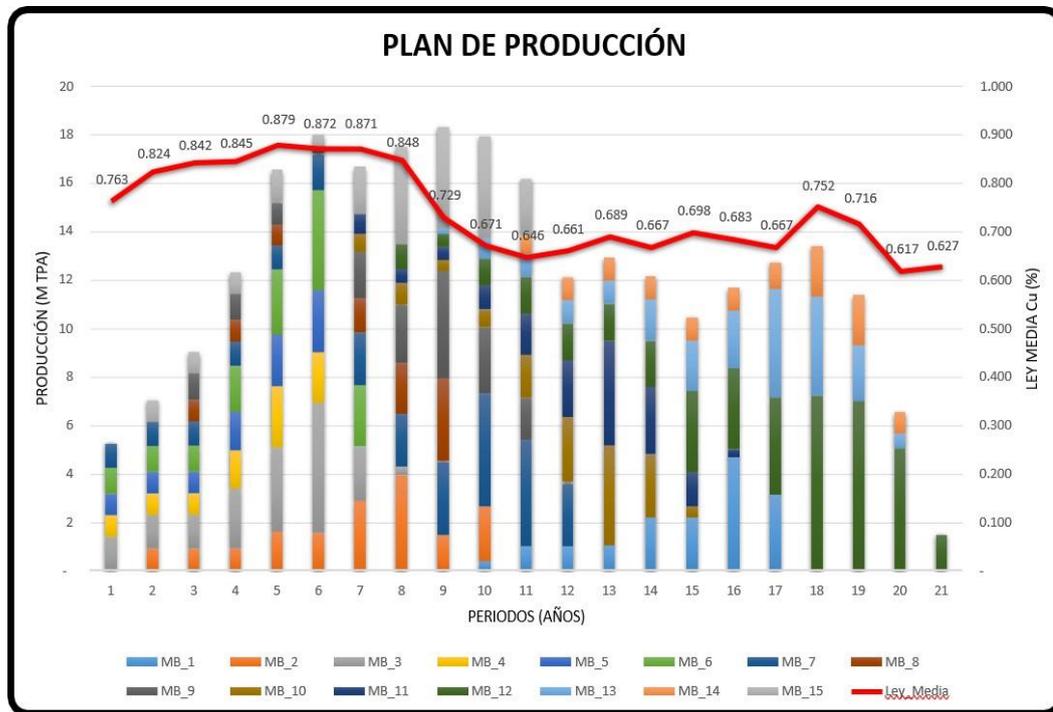
progresivamente hasta agotar los recursos existentes.

La conducta de la ley media de cobro total en cada uno de los acuerdos es bastante parecida. ya que los recursos de mayor valor son extraídos en los primeros períodos y las leyes de menor valor se dejan para los períodos finales. El comportamiento de la ley media del cobre se debe a que los macrobloques tienen la misma secuencia de minado. Es crucial subrayar que la conducta de las leyes medias es más homogénea, aunque un poco menos, en el plan de producción que ofrece la segunda metodología. Esto ocurre porque se incorporan a un plan de producción con mayores reservas y menos normativas.

**Gráficos 40. El plan de producción proporcionado por la primera metodología que utiliza el costo de la minería como variable determinante, compuesto por 15 macrobloques**



**Gráficos 41. El plan de producción proporcionado por la segunda metodología, que divide el costo de la minería en costos variables y costos fijos, compuesto por 15 macrobloques**



La Tabla 11 muestra las diferencias en las reservas extraídas, la ley de media de cobre y el beneficio como resultado de analizar los resultados de las valorizaciones de los macro bloques en ambas metodologías.

**Tabla 12. Resumen de Valorización de Reservas Extraídas, ley media de cobre y beneficio por Metodología**

	Reservas extraídas (ton)	Ley Media Cu (%)	Beneficio \$
Metodología 1	273,825,852	0.743	4,152,043,597
Metodología 2	278,708,212	0.737	4,203,727,001
Diferencia	4,882,360	0.006	51,683,404

## CONCLUSIONES

- Este análisis evaluó dos técnicas para valorar las reservas en el modelo de recursos geológicos. La primera metodología genera la valorización comúnmente empleada, en la que el costo operativo se considera una variable constante independientemente del grado de productividad. La metodología segunda segmenta el costo operativo en costos fijos y variables. Los gastos fijos incluyen los costos de supervisión, equipo operativo, bombeo y gestión. Los costos variables son los costos de ventilación y desarrollo de actividades auxiliares, que están relacionados con el nivel de productividad que se está desarrollando.
- En la investigación, ambas metodologías utilizan el mismo enfoque para crear un planeamiento utilizando las reservas del modelo de recursos geológicos. No obstante, existen variaciones al realizar la evaluación de las reservas. La metodología que divide el costo de operación en costos fijos y costos variables agrega más reservas, mientras que la metodología tradicional considera el costo de operación como una variable fija agrega menos reservas al agendamiento. Esto se debe a que los costos variables disminuirán si disminuye el nivel productivo en los macro bloques, lo que permite tener una ley de corte más baja al valorar las reservas.
- El plan de producción de la segunda metodología extrae un 1,75 % más de toneladas que el plan de producción de la primera metodología.
- Al contrastar la ley promedio de cobro, el método segundo proporciona una ley 0.006% inferior a la primera metodología, ya que añade más reservas al plan, pero con una ley inferior. La conducta de las leyes periódicas en ambas metodologías presenta menos variabilidad.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda el análisis de diversos trabajos basados en la planificación minera por métodos de hundimiento de bloques, para incorporar diversos parámetros que puedan ayudar a efectuar un eficiente diseño en el ciclo de minado.
- Se recomienda incorporar un control adecuado en el comportamiento que tienen los costos durante las operaciones mineras. Esto se puede lograr dividiendo el costo de operación en costos fijos y variables. Esto permitirá incorporar el nivel productivo de los macrobloques en el planeamiento a largo plazo, lo que permitirá una evaluación más precisa del valor del proyecto.
- Se recomienda dividir los costos de operación en costos fijos y variables. Los costos fijos son los costos de supervisión, operación de equipos, bombeo y administración, mientras que los costos variables son los costos de ventilación y servicios auxiliares. Esto ayudará a mantener los costos en línea durante el proceso de producción.
- Durante el proceso de explotación, se realizarán evaluaciones geomecánicas para establecer los estándares de la Mina Chipmo y se implementará un sistema de drenaje para reducir los efectos negativos del agua y evitar la inestabilidad de la masa rocosa.
- Es recomendable implementar ambas metodologías utilizadas porque comparten comportamientos similares. Esto permitirá aprovechar las leyes de mayor valor en los primeros períodos y lograr el régimen de producción.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Z. T. Bieniawski; ENGINEERING ROCK MASS CLASSIFICATIONS, A Wiley-Interscience Publication, 1989-1990, Canada.
- Barton, N. (1992- 1993). Predicting the behavior of underground openings in rock. New Delhi.
- U.E.A. Orcopampa – Compañía de Minas Buenaventura: Departamento de geología, minas y geomecánica.
- U.E.A. Orcopampa – Compañía de Minas Buenaventura: Departamento de planeamiento. Manual de perforación y voladuras de rocas, instituto geológico y minero de España, año 1.987, (EPM), estudios y proyectos mineros año 1.987
- Calvin Conya: Blast Design Handbook. López Jimeno: Perforación y Voladura 1995
- William Hustrualid: Blasting principle for open pit mining. EXSA (Sexta edición): “Manual técnico de voladura”.
- GALA SOLDEVILLA, F: “Apuntes de clase de Valorización Minera”. GONZÁLES DE VALLEJO, L. (2004): “Ingeniería geológica”.
- HUTCHINSON, J. & DIEDERICHS, M: “Cable bolting in underground mines”.
- KONYA, C. Y ALBARRÁN, E. (1998): “Diseño de voladuras”.
- KARZULOVIC A. “Sistemas de Calificación y Clasificación Geotécnica de Macizos Rocosos, Método del Índice GSI”.
- KARZULOVIC, Antonio; SISTEMAS DE CALIFICACION Y CLASIFICACION GEOTÉCNICA DE MACIZOS ROCOSOS.
- LÓPEZ JIMENO, C., LÓPEZ JIMENO, E. Y GARCÍA BERMÚDEZ, P. (2003): “Manual de perforación y voladura de rocas”.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO (1999): “Explotación subterránea”

## **ANEXOS**

*Ejemplos de Valorización de Macro Bloques desglosado por UBE.*

ID	BENEFICIO	MAX_RATE	TONELAJE	Ley Cu
MB_1_A0	12904742	0.0747	1108000	0.66
MB_1_A1	14121875	0.0747	1108000	0.69
MB_1_A2	14866987	0.0747	1108000	0.70
MB_1_A3	15219391	0.1635	1108000	0.71
MB_1_A4	16120445	0.1635	1108000	0.73
MB_1_A5	15999469	0.1635	1108000	0.73
MB_1_A6	15418712	0.1635	1108000	0.71
MB_1_A7	11218981	0.3732	1048578	0.64
MB_1_A8	10199295	0.3832	1028800	0.62
MB_1_A9	8984647	0.3810	1032954	0.60
MB_1_A10	11429684	0.3796	1035839	0.65
MB_1_A11	13533678	0.3784	1036317	0.69
MB_1_A12	5823600	0.4381	886217	0.55
MB_1_A13	4973829	0.4595	844705	0.54
MB_1_A14	1559964	0.4592	845153	0.44

ID	BENEFICIO	MAX_RATE	TONELAJE	Ley Cu
MB_2_A0	27730650	0.0747	997200	1.03
MB_2_A1	28035903	0.0747	997200	1.03
MB_2_A2	27953341	0.0747	997200	1.03
MB_2_A3	27437287	0.1637	995840	1.02
MB_2_A4	26374469	0.1639	994480	1.00
MB_2_A5	26761547	0.1644	991760	1.01
MB_2_A6	27964457	0.1651	987680	1.04
MB_2_A7	27786828	0.3559	982240	1.04
MB_2_A8	26367312	0.3574	978160	1.01
MB_2_A9	25244599	0.3589	974080	0.98
MB_2_A10	22042129	0.3600	971360	0.91
MB_2_A11	18987119	0.3642	938907	0.85
MB_2_A12	11725864	0.3928	792619	0.74
MB_2_A13	9969245	0.4129	740536	0.70
MB_2_A14	7147923	0.4146	643173	0.65
MB_2_A15	5591319	0.4158	622373	0.60
MB_2_A16	4024474	0.4200	504268	0.58
MB_2_A17	2702786	0.4212	446933	0.53
MB_2_A18	1281004	0.4219	297520	0.50
MB_2_A19	743859	0.4265	239040	0.47
MB_2_A20	117057	0.4353	143741	0.42

ID	BENEFICIO	MAX_RATE	TONELAJE	Ley Cu
MB_3_A0	21201780	0.0747	1551200	0.71
MB_3_A1	21886485	0.0747	1551200	0.72
MB_3_A2	22773215	0.0747	1551200	0.73
MB_3_A3	23440786	0.1635	1551200	0.74
MB_3_A4	24606799	0.1635	1551200	0.76
MB_3_A5	27125755	0.1635	1551200	0.79
MB_3_A6	28465089	0.3503	1551200	0.81
MB_3_A7	29130875	0.3503	1551200	0.82
MB_3_A8	28097297	0.3503	1551200	0.81
MB_3_A9	17827385	0.3503	1019360	0.79
MB_3_A10	17085588	0.3503	842080	0.86
MB_3_A11	14651920	0.3503	731280	0.85
MB_3_A12	7519632	0.3768	537410	0.71
MB_3_A13	3261930	0.4137	362960	0.63
MB_3_A14	1368905	0.3914	262180	0.54
MB_3_A15	338363	0.3625	194160	0.46

ID	BENEFICIO	MAX_RATE	TONELAJE	Ley Cu
MB_4_A0	21945441	0.0747	997200	0.90
MB_4_A1	20884428	0.0747	997200	0.87
MB_4_A2	20096622	0.0747	997200	0.85
MB_4_A3	18973319	0.1637	995840	0.83
MB_4_A4	18433106	0.1647	990400	0.82
MB_4_A5	16508532	0.1651	987680	0.77
MB_4_A6	13127661	0.3554	983600	0.70
MB_4_A7	6807363	0.3579	976800	0.55
MB_4_A8	3612066	0.3605	970000	0.48

ID	BENEFICIO	MAX_RATE	TONELAJE	Ley Cu
MB_5_A0	19146506	0.0747	997200	0.83
MB_5_A1	19551775	0.0747	997200	0.84
MB_5_A2	19881303	0.0747	997200	0.85
MB_5_A3	20393008	0.1635	997200	0.86
MB_5_A4	22272388	0.1635	997200	0.90
MB_5_A5	21421580	0.1635	997200	0.88
MB_5_A6	18843645	0.3503	997200	0.83

ID	BENEFICIO	MAX_RATE	TONELAJE	Ley Cu
MB_6_A0	20382149	0.0747	1196640	0.78
MB_6_A1	18095099	0.0747	1196640	0.74
MB_6_A2	20268591	0.0747	1196640	0.78
MB_6_A3	24847908	0.1635	1196640	0.87
MB_6_A4	29207243	0.1635	1196640	0.95
MB_6_A5	28896616	0.1635	1196640	0.94
MB_6_A6	30706808	0.3503	1196640	0.98
MB_6_A7	32216548	0.3503	1196640	1.01
MB_6_A8	32472601	0.3503	1196640	1.01
MB_6_A9	25602672	0.3503	842080	1.08
MB_6_A10	20858954	0.3503	753440	1.02
MB_6_A11	13986184	0.3503	664800	0.87
MB_6_A12	6700672	0.3503	531840	0.69
MB_6_A13	2482432	0.3503	398880	0.54
MB_6_A14	721119	0.3503	310240	0.46

ID	BENEFICIO	MAX_RATE	TONELAJE	Ley Cu
MB_7_A0	11234450	0.0753	1100320	0.63
MB_7_A1	12536652	0.0751	1102240	0.66
MB_7_A2	21497353	0.0749	1105120	0.84
MB_7_A3	28369164	0.0749	1105120	0.98
MB_7_A4	32063670	0.0748	1107040	1.05
MB_7_A5	34072144	0.1636	1107040	1.09
MB_7_A6	37716216	0.1635	1108000	1.17
MB_7_A7	40967262	0.1635	1108000	1.23
MB_7_A8	42836965	0.1635	1108000	1.27
MB_7_A9	41844782	0.1635	1108000	1.25
MB_7_A10	35603127	0.1635	1108000	1.12
MB_7_A11	31275306	0.3503	1108000	1.04
MB_7_A12	27707071	0.3503	1108000	0.96
MB_7_A13	26059263	0.3503	1108000	0.93
MB_7_A14	22701679	0.3503	1108000	0.86
MB_7_A15	21158765	0.3503	1108000	0.83
MB_7_A16	20717281	0.3503	1108000	0.82
MB_7_A17	20694743	0.3503	1108000	0.82
MB_7_A18	19789883	0.3503	1063680	0.82

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**Aplicación de Método de Minado Hundimiento de Bloques para la Extracción del Mineral de Baja Ley en la Mina Chipmo de la UEA. Orcopampa - Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.**

**Tesista: Bach. Luis Fernando CHAMORRO CANTARO**

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>TIPO Y NIVEL DE INVEST</b>
<p><b>GENERAL:</b> ¿Es posible la aplicación del Método de Minado Hundimiento de Bloques para la Extracción del Mineral de Baja Ley en la Mina Chipmo de la UEA? Orcopampa de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.? <b>Problemas Específicos</b></p> <p>A. ¿La aplicación del método de minado hundimiento de bloques será la mejor alternativa para extraer el mineral de baja ley en la mina Chipmo de la UEA Orcopampa?</p> <p>B. ¿Con la aplicación del minado por hundimiento de bloques se reducirán los costos en referencia a otros métodos de minado aplicados en la UEA Orcopampa?</p>	<p><b>GENERAL:</b> Aplicara el Método de Minado Hundimiento de Bloques para la Extracción del Mineral de Baja Ley en la Mina Chipmo de la UEA. Orcopampa de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>A. Aplicar el método de minado hundimiento de bloques como la mejor alternativa para extraer el mineral de baja ley de la mina Chipmo de la UEA Orcopampa.</p> <p>B. Aplicar el minado por hundimiento de bloques para reducir los costos en referencia a otros métodos de minado aplicados en la UEA Orcopampa.</p>	<p><b>GENERAL</b> Con la aplicación del Método de Minado Hundimiento de Bloques se efectuará la Extracción del Mineral de Baja Ley en la Mina Chipmo de la UEA. Orcopampa de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.</p> <p><b>Hipótesis Específicas</b></p> <p>A. La aplicación del método de minado hundimiento de bloques se tiene la mejor alternativa para extraer el mineral de baja ley en la mina Chipmo de la UEA Orcopampa.</p> <p>B. La aplicación del minado por hundimiento de bloques reducirá los costos en referencia a otros métodos de minados aplicados en la UEA Orcopampa.</p>	<p><b>INDEPENDIENTE</b></p> <p>X: Aplicación de Método de Minado Hundimiento de Bloques en la Mina Chipmo.</p> <p><b>Dependientes</b></p> <p>Y: Extracción del Mineral de Baja Ley en la Mina Chipmo.</p>	<p>Planificación</p> <p>Métodos de Explotación</p> <p>Compañía de Minas Buenaventura</p>	<p>Geomecánica</p> <p>Parámetros Geotécnicos</p> <p>Ciclo de Minado</p> <p>Perforación y Voladura</p> <p>Bloques de Mineral</p> <p>Estabilidad</p>	<p><b>TIPO:</b> Aplicada.</p> <p><b>NIVEL:</b> Evaluativa.</p>