

**Universidad Nacional de Ingeniería**  
**Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica**



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Implementación de un sistema de extracción de mineral o  
desmonte en una mina subterránea para hacerla sostenible y  
competitiva**

Para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas.

Elaborado por

Víctor Marcelino Yovera López

 [0009-0009-4893-1019](https://orcid.org/0009-0009-4893-1019)

Asesor

Dr. Jimmy Aurelio Rosales Huamani

 [0000-0002-3737-8694](https://orcid.org/0000-0002-3737-8694)

LIMA – PERÚ

2024

---

Citar/How to cite	Yovera López [1]
Referencia/Reference	[1] V. Yovera López, “ <i>Implementación de un sistema de extracción de mineral o desmonte en una mina subterránea para hacerla sostenible y competitiva</i> ” [Trabajo de Suficiencia Profesional de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2024.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

---



---

Citar/How to cite	(Yovera, 2024)
Referencia/Reference	Yovera, V. (2024). <i>Implementación de un sistema de extracción de mineral o desmonte en una mina subterránea para hacerla sostenible y competitiva</i> . [Trabajo de Suficiencia Profesional de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

---

### **Dedicatoria**

*El presente trabajo se lo dedico a mi madre “Chinita”  
por el gran esfuerzo que le tomó educar a sus hijos.*

*A mis hermanos por el apoyo incondicional.*

*A mis hijas Sofia y Solange por el amor y cariño.*

*Y a Dios por permitirme concluir con este trabajo.*

## **Agradecimientos**

A Compañía Minera Poderosa por darme la oportunidad de crecer profesionalmente.

A los ingenieros Víctor Flores y Gaspar Barrientos por el apoyo, paciencia y sus grandes enseñanzas.

A mis hermanos Christian y Elmer por su apoyo incondicional.

A mis amigos León Raciél Carlos y Acosta Mendoza Rodolfo por darme siempre ánimos a seguir con el presente trabajo.

A los ingenieros y técnicos de Compañía Minera Poderosa que me apoyaron en todo momento.

Al ingeniero Rubén García Galván.

A Jeremy Adrián Apaza Tantalean por apoyarme en la traducción del resumen.

## Resumen

El objetivo general de la presente investigación es cambiar el diseño de extracción implementando una chimenea Raise Climber para disminuir los costos en extracción en una mina subterránea de mediana minería. La investigación es de enfoque cuantitativo, y de diseño experimental ya que para llevar a cabo el siguiente proyecto se construyó una chimenea en un lugar estratégico donde se hicieron los siguientes cálculos: costo de construcción de la chimenea, se calculó el ahorro por tonelada de material roto que viene hacer la diferencia entre el costo de traslado de material roto antes y después del proyecto, se calculó el tonelaje total de carga que paso por la chimenea y el tiempo que demoro en pasar toda la carga de la labor principal y de las labores auxiliares. En el capítulo 3, al implementar la chimenea a una mina subterránea de oro, de mediana minería se obtiene los siguientes datos: costo de la construcción de la chimenea Raise Climber de 264,723 dólares, ahorro por tonelada trasladado de 6.04 dólares, tonelaje trasladado por la chimenea de 95,957.2 toneladas en un tiempo de 42 meses. El cual dio los siguientes resultados valor actual neto de 184,636 dólares, periodo de recuperación de la inversión de 1 año 11 meses 8 días, tasa interna de retorno de 44.8% y relación beneficio costo de 1.69. Al evaluar los costos de extracción antes y después de la construcción de la chimenea se contrasto la hipótesis de manera positiva. Se llego a la conclusión de que implementando una chimenea Raise Climber de manera estratégica en un diseño de extracción, este beneficia técnica y económicamente a una empresa minera.

Palabras clave - Extracción con dumper, extracción con locomotora, implementación de chimenea Raise Climber, ciclo de minado.

## **Abstract**

The general objective of this research is to change the extraction design by implementing a Raise Climber stack to reduce extraction costs in a medium-sized underground mine. The research is of quantitative approach, and of experimental design since to carry out the next project a chimney was built in a strategic place where the following calculations were made: cost of construction of the chimney, the savings per ton of broken material were calculated that comes to make the difference between the cost of moving broken material before and after the project, The total tonnage of cargo that passed through the chimney and the time it took to pass the entire load of the main work and the auxiliary tasks were calculated. In chapter 3, when implementing the stack to an underground gold mine, the following data is obtained: cost of construction of the Raise Climber stack of \$264,723, savings per ton moved of \$6.04, tonnage moved through the stack of 95,957.2 tons in a time of 42 months. Which gave the following results: net present value of \$184,636, payback period of 1 year 11 months 8 days, internal rate of return of 44.8% and benefit-cost ratio of 1.69. By evaluating the extraction costs before and after the construction of the chimney, the hypothesis was tested positively. It was concluded that by implementing a Raise Climber stack strategically in an extraction design, it benefits a mining company technically and economically.

Keywords - Dumper mining, locomotive mining, Raise Climber stack implementation, mining cycle.

## Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Introducción.....	xi
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo.....	1
1.1 Generalidades.....	1
1.1.1 Ubicación.....	1
1.1.2 Accesibilidad.....	2
1.1.3 Geología.....	2
1.1.4 Mina.....	6
1.1.5 Servicios mina.....	7
1.1.6 Planta Beneficio.....	8
1.2 Descripción del problema de investigación.....	9
1.3 Objetivos del estudio.....	9
1.3.1 Objetivo general.....	9
1.4 Hipótesis.....	9
1.4.1 Hipótesis General.....	9
1.5 Antecedentes investigativos.....	10
1.5.1 Antecedentes nacionales.....	10
1.5.2 Antecedentes internacionales.....	12
Capítulo II. Marcos teórico y conceptual.....	14
2.1 Marco teórico.....	14
2.1.1 Extracción de mineral y desmonte con locomotoras.....	14
2.1.2 Extracción de mineral y desmonte con camión de bajo perfil (dumpers).....	17
2.1.3 Equipo Alimack.....	20
2.1.4 Evaluación Económica del Proyecto.....	25
2.2 Marco Conceptual.....	28

Capitulo III. Desarrollo del trabajo de investigación.....	30
3.1 Sistema de extracción de la CR NW-1 antes del proyecto.....	30
3.1.1 Costo de la extracción.....	30
3.2 Proyecto CH RC 38.....	31
3.2.1 Construcción CH RC 38.....	32
3.3 Nuevo sistema de extracción en la CR NW-1 NV 1800 veta pajilla.....	35
3.3.1 Analizando costos de extracción.....	36
3.4 Extracción.....	37
3.4.1 Extracción en NV 1800 CR NW.....	37
3.5 Tiempo total del proyecto CR NW-1.....	38
Capitulo IV. Análisis y discusión de resultados.....	40
4.1 Ahorro anual con el proyecto.....	40
4.2 Cálculo del van.....	40
4.3 Calculando el PRI.....	41
4.4 Calculando el TIR.....	41
4.5 Relación beneficio costo.....	42
4.6 Contratación de Hipótesis.....	42
Conclusiones.....	45
Recomendaciones.....	47
Referencias bibliográficas.....	48
Anexos.....	50

## Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1: Acceso vía Aérea.....	2
Tabla 2: Acceso vía terrestre .....	2
Tabla 3: Característica de Locomotora 4TN .....	15
Tabla 4: Componentes del Dumper.....	18
Tabla 5: Características Plataforma Trepadora Eléctrica Alimack Modelo STH-5E ...	22
Tabla 6: Distancia total que recorre la carga del frente de la CR NW-1 a la desmontera .....	30
Tabla 7: Costo de extracción con locomotora en dólares por tonelada.....	31
Tabla 8: Costo de extracción con dumper en dólares por tonelada .....	31
Tabla 9: Costo total de extracción de 1 tn de desmonte .....	31
Tabla 10: Descripción de los trabajos a realizar para construcción de la CH RC 38....	32
Tabla 11: Se tuvo las siguientes paradas .....	33
Tabla 12: Tiempo que demora la construcción de parrilla y tolva .....	33
Tabla 13: Tiempo total del proyecto.....	34
Tabla 14: Costo del proyecto RC 38.....	34
Tabla 15: Recorrido que tendrá la carga de la CR NW-1 con el nuevo sistema de extracción .....	36
Tabla 16: Recorrido actual de la carga de la CR NW-1 .....	36
Tabla 17: Costo en dólares por tonelada transportado .....	37
Tabla 18: Costo en dólares por tonelada transportado .....	37
Tabla 19: Desmonte que será evacuado por la CH RC 38 .....	38
Tabla 20: El tiempo de duración de la CR NW-1 .....	39
Tabla 21: Ahorro por año.....	40
Tabla 22: Flujo de efectivo llevado al valor presente para calcular el PIR.....	41
Tabla 23: Datos obtenidos en la tabla 17 y 18.....	42
Tabla 24: Calculo de media, desviación standard de una población.....	42

## Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Ubicación de Mina Poderosa .....	1
Figura 2: Posa de Secado .....	8
Figura 3: Carro Minero U-35 .....	14
Figura 4: Locomotora a Batería de 4TN.....	15
Figura 5: Vía en Nv 1800.....	16
Figura 6: Pala neumática.....	17
Figura 7: Dumper.....	17
Figura 8: Parrilla convencional.....	19
Figura 9: Tolva Neumática.....	20
Figura 10: Tambor de enrollamiento.....	23
Figura 11: Partes de trepadora alimak.....	25
Figura 12: Campana de Gauss.....	43

## Introducción

En el ciclo de minado de una excavación minera, la limpieza es un factor importante a tomar en cuenta ya que se destina alrededor del 25% del tiempo de una guardia y esta ira variando de acuerdo al avance lineal de la labor y de los métodos de limpieza utilizados. Al optimizar el tiempo de limpieza, garantizamos los tiempos necesarios para realizar las otras actividades como son: ventilación, desatado de rocas, sostenimiento, perforación y la voladura. De esta manera garantizamos el control de nuestras operaciones tanto en producción como en seguridad.

Las chimeneas Reise Climber son excavaciones mineras que pueden llegar a tener grandes longitudes, es por ello que son usados en muchas minas subterráneas como echaderos, chimeneas de servicio o de ventilación. En una mina subterránea de oro de mediana minería del norte del país se ha construido este tipo de echadero teniendo buenos resultados en el sistema de extracción en sus 2 unidades, tanto en Marañon zona Norte como en Santa María Zona sur.

En el presente trabajo se muestra la implementación en la Zona Norte de una chimenea Raise Climber en un lugar estratégico, con el objetivo principal de disminuir costos en la extracción de desmonte de una excavación minera de tipo horizontal. De esta forma la extracción de la carga de la excavación minera principal y de las labores de servicios (refugios peatonales, refugios mineros, estación de emergencia, sub estación, cambios, chimeneas de ventilación) cambio a extracción netamente con locomotoras, eliminando de esta forma el uso de dumper. esto significó un ahorro considerable de dinero y tiempo en el ciclo de la extracción, logrando además disminuir la contaminación de monóxido por uso de equipos trackles.

El presente trabajo cuenta con los siguientes capítulos:

Capítulo I, en esta parte se describe aspectos generales de la mina como la ubicación, las dos formas de llegar a la unidad minera, geología de la mina, servicios mina, planta beneficio. También mencionamos el objetivo y los antecedentes investigativos.

Capitulo II, en este capítulo se describe los equipos mineros y la infraestructura que forman parte de la extracción como son las palas neumáticas, locomotora a baterías, carros mineros U-35, parrilla del echadero, tolvas electrohidráulicas y la vía de extracción. También se describe algunos términos poco conocidos que se mencionan en el presente trabajo.

Capitulo III, en este capítulo primeramente se calcula el costo total de la implementación del nuevo sistema de extracción. Luego se calcula el costo de extracción con el nuevo sistema y finalmente para calcular el ahorro total, calculamos el volumen de desmonte que se producirá.

Capitulo IV, en este capítulo con el tiempo que durara el proyecto se procede a calcular el flujo de efectivo y los indicadores económicos como el VAN, TIR, B/C y el PRI.

# Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

## 1.1 Generalidades

### 1.1.1 Ubicación

La Compañía Minera Poderosa cuenta con 2 unidades de producción, Unidad de producción Marañón en el norte y unidad de producción Santa María en el sur.

Políticamente se encuentra ubicada en el pueblo de Vijus, Distrito de Pataz, Provincia de Pataz, Departamento de La Libertad a una distancia de 360 Km al N.E de la ciudad de Trujillo.

Geográficamente se encuentra ubicada en el flanco nororiental de la cordillera de los Andes, asentado en el Batolito de Pataz, en el margen derecho del Río Marañón como se muestra en la Figura 1, contando con los siguientes límites:

- Este : Con el departamento de San Martín.
- Oeste : Con la provincia de Sánchez Carrión.
- Norte : Con la provincia de Bolívar.
- Sur : Con la provincia de Pataz

**Figura 1**

*Ubicación de Mina Poderosa.*



Nota: Fuente Compañía Minera Poderosa

El proyecto geográficamente se ubica a 77°35'40" de Longitud Oeste y 07°47'00" de Latitud Sur.

Su ubicación en coordenadas UTM es:

N : 9'147, 178,514

E : 210, 485,250

### 1.1.2 Accesibilidad

La accesibilidad a la Unidad de Producción Marañón puede ser por vuelo o por vía terrestre, como se muestra en las siguientes tablas:

**Tabla 1**

#### Acceso vía Aérea

De	A	Distancia (km)	Tiempo (hh:mm)	Medio
Lima	Trujillo	560	00:45	Avión
Trujillo	Chagual	300	00:40	Avioneta
Chagual	Mina	46	00:40	Camioneta
Total		906	2:05	

Nota: Fuente propia.

**Tabla 2**

#### Acceso vía terrestre

De	A	Distancia (km)	Tiempo (hh:mm)	Medio
Lima	Trujillo	560	09:00	Bus
Trujillo	Vijus	330	12:00	Bus
Vijus	Mina	16	00:20	Camioneta
		906	21:20	

Nota: Fuente propia

### 1.1.3 Geología

**1.1.3.1 Geología regional.** La zona aurífera está ligada a una franja de rocas intrusivas conocida como "Batolito de Pataz" que cortan a los esquistos, filitas y pizarras del Complejo del Marañón.

El Batolito de Pataz se extiende aproximadamente 50 km de longitud y 3.0 km de ancho, limitado por el NE con el Complejo del Marañón y por el SW con las rocas sedimentarias paleozoicas del grupo Mitu.

En el distrito minero, las zonas de fallas y fracturas preexistentes dentro del intrusivo han servido de canales de circulación de las soluciones mineralizantes hidrotermales, estas vetas han sido falladas y plegadas en más de dos eventos tectónicos; razón por la cual se presentan muy irregulares en su comportamiento estructural y continuidad.

El relleno mineralógico de las estructuras mineralizadas está constituido por cuarzo lechoso, pirita, arsenopirita, marmatita- esfalerita, calcopirita, galena, pirrotita y oro en estado nativo y libre. (Marcos, 2015, p.21)

**1.1.3.2 Geología local.** La zona se halla mayormente cubierta por depósitos Cuaternario por lo que las zonas y estructuras mineralizadas se encuentran poco expuestas. Por debajo de la cubierta Cuaternaria se extiende el Intrusivo de Pataz, de naturaleza félsica a metafélsica en este se hospedan las vetas auríferas.

Al NE cerca del campamento San Andrés, afloran rocas metamórficas del Complejo del Marañón, y al SW del Tambo ocurrencia de arenisca limonitas - volcánicas (capas rojas), pertenecientes al grupo Mitu. (Marcos, 2015, pág.21)

**1.1.3.3 Geología estructural.** El Batolito de Pataz tiene una forma alargada de dirección NNW-SSE paralelo al lineamiento andino, es un cuerpo intrusivo cuya forma lenticular y alargada se debe a su emplazamiento a lo largo de una gran fractura regional. Constituido por dioritas-tonalitas, granodioritas con cambios graduales a monzogranito (edad: 328-329 Ma., Haeberlin, 2000) Su mecanismo principal de deformación es el cizallamiento, debido a un gran contraste de competencia con las rocas metamórficas adyacentes. De manera que los sistemas de vetas auríferas (edad: 312-314 Ma., Haeberlin, 2000) en la región de Pataz están ligados espacialmente a la geometría del Batolito, enclavados en las zonas marginales de este cuerpo intrusivo.

Las áreas mineralizadas se encuentran en Vetas transicionales relacionados a un campo de esfuerzos entre extensión y cizalla rellenando fracturas, contactos litológicos, diques y estratificaciones de orientaciones N-S/45°E, NW-SE/45°E, ENE/20°S-N. Enlazadas entre sí formando una mega brecha de cizallamiento. Estas vetas son cortadas y desplazadas por 3 familias de fallas subverticales regionales sincrónicas a la mineralización. La primera familia tiene una dirección NNW-SSE, la segunda E-W, y la tercera familia NE-SW. Dentro del relleno de la zona de falla es común la presencia de sericita, clorita y panizo (gouge). Localmente se observa fragmentos de roca alterada cementada por cuarzo estéril.

En conclusión, el sistema de vetas de la región de Pataz es interpretado como una circulación de fluidos hidrotermales dentro de un sistema de fracturas en extensión cuyas aperturas para el desarrollo de los ore-shoots son probablemente el resultado de la influencia de las fallas transversales sobre los planos de debilidad relacionados a un evento más temprano. (Daigneault, 2001 citado en Ragas, 2012 p.9)

**1.1.3.4 Geología económica.** El valle del río Marañón constituye el límite entre las cordilleras Occidental y Oriental en el Norte del Perú con caracteres muy diferentes: Mientras que la Cordillera Occidental es producto de la orogenia andina, en la Cordillera Oriental se observan rasgos de por lo menos tres ciclos orogénicos desde el Precámbrico. La paragénesis de las vetas auríferas es simple y repetida. El relleno más antiguo corresponde a cuarzo lechoso acompañado de pirita gruesa y arsenopirita (Estadio I); por reactivación tectónica de las vetas se produce el fracturamiento de los minerales depositados en esta etapa.

En una segunda generación (estadio II) ocurre el ascenso de cuarzo gris de grano fino, esfalerita con exsoluciones de calcopirita y pirrotita, posteriormente galena con inclusiones de sulfosales de Sb, el electrum está hospedado principalmente en la esfalerita, el oro nativo precipita más tarde generalmente con galena y también en la pirita fracturada, hacia el final de esta etapa tiene lugar un proceso de re-cristalización a pequeña escala y

nueva deposición de pirita y arsenopirita. En una etapa tardía se deposita cuarzo con carbonatos.

El volumen de los minerales del estadio I es mucho mayor que los depositados en el estadio II, sin embargo, este estadio es la etapa aurífera. (Ragas, 2012, p.10)

**1.1.3.5 Veta Jimena.** Por ser la veta principal de la mina Papagayo, describimos sus principales características.

**1.1.3.5.1 Orientación potencia y leyes.** La veta Jimena tiene una orientación promedio de N320° a N330°, con buzamientos desde 25° hasta la horizontal NE, la extensión en el rumbo es de 450 m. y en el plunge es de 550m, la potencia varía de unos centímetros hasta 3.00 m. con un promedio de 1.04 m. con una ley promedio de 46 gAu/TM. La alteración típica y predominante es la filica con bordura externa propilítica. (Marcos, 2015, p.23)

**1.1.3.5.2 Litología.** La litología predominante es granodiorita y monzogranito, los ore shoots muestran una geometría irregular elíptica. Los valores más altos se encuentran en las intersecciones de fracturas con azimut 115° con 45°, si bien, gran parte coincide con los valles también ocurre en los picos. Es claro que la relación potencia-ley no es directa, ya que si bien gran parte de los mayores espesores se encuentran al interior del ore shoot, muchas otras zonas muestran potencias altas con valores bajos de oro. Sobre el nivel 1987 hasta el nivel 2017 el control para el emplazamiento del ore shoot es la variación del buzamiento de alto a bajo las que forman domos de extensión, el mismo comportamiento es observado en la zona inferior del ore shoot entre los niveles 1897 a 1940, mientras que hacia el norte donde el buzamiento es más regular está controlado por el cambio de rumbo. Ocurre que esta anomalía está ligada a fallas secantes de dirección 115° que corresponderían al sistema de veta La Brava con estructuras subverticales de dirección 45°. De los dos grandes clavos observados el inferior (J1) posee una ley promedio de 48.70 g Au/TM para una potencia de 1.16 m. y el superior (J2) con una potencia de 1.08m. y 34.54 g Au/TM como ley promedio. (Ragas, 2012, p.12)

**1.1.3.5.3 Tipo de yacimiento.** “Las vetas que se encuentran en Papagayo son de tipo filoneano, con concentraciones mineralógicas de pirita aurífera a modo de clavos y cuyo origen se atribuye a procesos hidrotermales post magmáticos y asociados al emplazamiento del batolito de Pataz” (Ragas, 2012, p.13).

**1.1.3.5.4 Mineralogía.** El ensamble mineralógico lo constituye una asociación típica mesotermal de cuarzo-pirita-oro. Este último se observa como electrum y libre, rellenando las fracturas y contactos de la galena-pirita. Además de los minerales indicados también son reconocidos minerales como: Arsenopirita, Calcopirita, etc. (Ragas, 2012, p.13)

#### **1.1.4 Mina**

Actualmente en la Unidad de Producción Marañón, donde se encuentra la Mina Papagayo se viene realizando labores de exploración, desarrollo, preparación y explotación. El sistema usado para el desarrollo de las operaciones mineras es de tipo convencional y mecanizado, y en algunas zonas los 2 tipos.

El presente trabajo se realiza en una zona donde el sistema de extracción es convencional y trackles.

**1.1.4.1 Labores de avances.** Las labores de avances que se realiza en la mina papagayo son: Cortadas, chimeneas de ventilación, cámaras para refugios mineros (véase anexo 1), cámaras para sub estación, rampas, etc.

**1.1.4.1.1 Tipo de sostenimiento.** El sostenimiento usado en los avances es de colocación convencional según la sección de la labor y calidad de la roca: pernos helicoidales y malla electrosoldada, Split set, cimbras, shocrette y cuadros de madera. En la colocación de pernos helicoidales se usa la mezcla de resina y cemento, el cual nos garantiza un sostenimiento inmediato (véase anexo 2 y 3).

**1.1.4.1.2 Perforación.** La perforación se realiza con máquinas Jack leg y con jumbo de 14 pies. En la perforación con maquina Jack leg se ha logrado realizar avances de 8 pies, esto gracias al apoyo del área de pervol. El cual capacita constantemente al personal de los frentes para tener un disparo eficiente.

**1.1.4.1.3 Limpieza.** La limpieza de los frentes se realiza con scoop de 2 y 2.5 yardas cubicas, con palas neumáticas y carros mineros de 60 y 35 pies<sup>3</sup> y con Mucking Loader quien se encarga de llevar el desmonte al Shuttlet car Mine. Este último funciona con diésel para trasladarse y para trabajo se usa energía eléctrica, de una gran rapidez de limpieza que puede dejar limpio un frente de 3.5x3.5 en media hora obviamente teniendo los carros completos.

**1.1.4.1.4 Voladura.** El explosivo que se usa es la emulsión encartuchada en sus distintas presentaciones: Emulnor de 500, Emulnor de 1000, Emulnor de 3000 y Emulnor de 5000 (véase anexo 2 y 3), cordón detonante y para contorno se usa el Famecorte explosivo de bajo poder rompedor el cual permite disminuir los daños en el masivo Rocoso. Como accesorio de Voladura se usa el Carmex de 2.4m, 3m y Fanel (véase anexo 4 y 5).

**1.1.4.2 Labores de explotación.** Los tajos que son la principal fuente de mineral se explotan dependiendo la calidad de roca, potencia de la veta y el buzamiento de las vetas, los más usados son: Corte y relleno y Open Stopping. El tipo de sostenimiento usado en los tajos son: Puntales de seguridad con Jack Pot, pernos Split set, cuadros de maderas, y Wood pack. La limpieza se realiza con winches eléctricos de 15 y 30 Hp, también hay tajos donde la limpieza se realiza con scoop. Una vez realizado el tajeo esto se rellena con detritos que es lanzado por una chimenea.

### **1.1.5 Servicios mina**

Es un área de soporte muy importante en las operaciones mineras, está conformada por un grupo de personas de amplia experiencia tanto de compañía como de contratas. El cual está encargada de proveer a la mina los servicios de agua y aire comprimido, Supervisión y mantenimiento de las vías principales, fabricación y mantenimiento de tolvas y parrillas de los echaderos, instalación y mantenimiento de la línea trolley, instalación y mantenimiento de cargadores de baterías. También se encarga de realizar trabajos menores de soldadura los cuales son vitales para la operación.

**1.1.5.1 Sistema de drenaje.** El nivel 1467 es el nivel más bajo, es por donde se evacua toda el agua que se genera en las minas de UP Marañón, producto de la

perforación y filtraciones. El agua antes de salir a superficie es tratado con cloruro férrico 40% y floculante generando: Agua purificada y elementos sólidos respectivamente. Estos elementos sólidos son sedimentados en posas y luego son bombeados a superficie por medio de tuberías y depositados en posas de secado, como indica en la figura 3. Cuando se encuentra totalmente seco son trasladados en carros mineros G-60 hacia la desmontera.

## Figura 2

*Posa de Secado*



*Nota:* Posa vacía, lista para recibir los sedimentos sólidos para su respectivo secado. Fuente propia.

### **1.1.6 Planta Beneficio**

Compañía Minera Poderosa cuenta con dos plantas de beneficio: La Planta Marañón en la zona Norte y la Planta de Santa María en la Zona Sur.

**1.1.6.1 Planta Marañón.** La planta Marañón se ubicada en el anexo de Vijus, distrito y provincia de Pataz, tiene una capacidad instalada de 800 TMS/día. El procesamiento consta de tres etapas: cianuración, neutralización y refinación. El proceso de recuperación del oro es por el método de Merrill Crowe con polvo de Zinc.

**1.1.6.2 Planta Santa María.** La Planta Santa María está ubicada en el anexo del mismo nombre en el distrito y provincia de Pataz, tiene una capacidad de 800 TMS/día. El proceso de recuperación del oro es también con polvo de zinc, Merrill Crowe.

## **1.2 Descripción del problema de investigación**

En compañía minera Poderosa, en el nivel 1800 de la veta Jimena se realiza el avance de la CR NW-1 con una sección de 3x3m. la extracción de la carga del frente es con carros mineros u-35 y locomotora a batería el cual descarga en el echadero OP 9. Para poder continuar con la extracción es necesario transportar el desmonte con dumper de 15TN de capacidad desde la tolva de la CH OP9 hacia la parrilla del echadero de la CH RC 34 del nivel 1730 de la veta Jimena (véase anexo 5). Haciéndose caro la extracción del desmonte de nuestro frente, teniendo en cuenta la gran longitud que correrá la CR NW-1 para llegar a los objetivos de la empresa que sería de 3675.24m.

La causa del problema es el actual sistema de extracción del desmonte del frente, el cual es: extracción de la carga del frente de avance con locomotora y luego con dumper.

De continuar con este problema, el costo del avance de la CR SW-1 sería demasiado alto. Es por ello que se decide construir el echadero CH RC 38 en un lugar estratégico que como objetivo específico disminuye el trayecto de la extracción en el NV 1800 y elimina el transporte del desmonte con dumper. Con esto eliminaríamos los gastos de extracción con dumper y reduciríamos la contaminación en mina.

## **1.3 Objetivos del estudio**

### ***1.3.1 Objetivo general***

Disminuir los costos en la extracción de desmonte y mineral mediante la implementación de una chimenea Reise Climber en el sistema de extracción.

## **1.4 Hipótesis**

### ***1.4.1 Hipótesis General***

La implementación de una chimenea Reise Climber en el sistema, de extracción beneficia técnica y económicamente las operaciones mineras subterráneas haciéndolas sostenibles y competitivas.

## **1.5 Antecedentes investigativos**

### **1.5.1 Antecedentes nacionales**

Villarreal (2017) en su tesis Reducción de costos en el sistema de extracción en mina Papagayo - Cia. Minera Poderosa S.A. menciona que es necesario mejorar los procesos de extracción de mineral y desmonte en las operaciones de la Unidad de Producción Marañón - Mina Papagayo. Para ello se debe implementar 4 chimeneas "raise climber" ubicados estratégicamente cerca de las zonas de mayor producción y avance de la Mina Papagayo, siendo estas las vetas de Glorita 2 y Jimena. La mejora en los costos de extracción de equipos "trackles son: de 2,97 \$/ t a 1,78\$/ t, y los costos de extracción anuales con Dumper de \$ 1, 037, 952 a \$ 415,181. Como segunda estrategia, reducción de la flota de equipos trackless de 6 a 2 dumpers, logrando mantener el cumplimiento de un programa de 15 000 t/mes y 1200 m/mes en avances, con esta implementación el aumento de la productividad del Dumper fue de 13,6 a 38,3 t/h en Veta Glorita 2 y de 20,9 a 39,2 t/h en la Veta Jimena. también analizo en porcentaje la influencia de la implementación de las CHs RC 29, 30, 32 y 34, el cual represento el 75 % de todo el movimiento de la producción (mineral), avances (mineral o desmonte) proyectado para los años 2017, 2018 y 2019 en la Unidad de Producción Marañón. También realizo el análisis económico y financiero luego de implementar las CHs RC 29, 30, 32 y 34.

Torres y Quiliche (2021) en su tesis titulada, Evaluación del sistema de transporte de mineral en una mina subterránea-Pataz La-Libertad-2021. Su objetivo fue Evaluar el sistema de transporte de mineral de una mina subterránea. La investigación fue de tipo aplicada, de nivel o alcance descriptivo, cuantitativo de enfoque no experimental. Mejoran sus procesos productivos, implementando estándares de optimización y rendimiento aumentando la productividad en el sistema de transporte de mineral y así mismo analizando las causas que no ocasionan un valor agregado a la actividad, para reducir costos y aumentar las utilidades de las empresas. En términos económicos con el sistema de extracción mecanizada la productividad se incrementa de 0.9 tonelada por hora a 4.7

toneladas por hora, respectivamente, de la misma forma se disminuye el personal a emplear de 14 obreros a 2, en cual repercutirá en los costos de mano de obra.

Díaz y Portal (2018) en su tesis, Diseño del sistema de extracción mediante un pique inclinado del proyecto de profundización 073 en la unidad minera Los Pircos – Santa Cruz – Perú 2018. El objetivo de estudio fue diseñar la profundización de un pique inclinado el cual serviría para la extracción de mineral y desmonte. El material será extraído desde el nivel inferior que tiene como cota Nv 1950 hacia el Nv. 2000. En primer lugar, se determinó las características y propiedades del macizo rocoso, el cual servirá para analizar si la roca soporta los parámetros de la sección para el desarrollo del proyecto. En segundo lugar, se enfocó en el diseño del sistema de extracción, que comprende: carro minero U35 a utilizar para el transporte, diseño del pique inclinado (parámetros), el diseño de la estación, el ciclo de trabajo del izaje y el cálculo de la capacidad del motor del winche eléctrico que se va a requerir. Finalmente, presento una evaluación económica general del proyecto de profundización, en donde se consideran costos estimados de la operación, valor del mineral probado.

Vílchez (2015) en su tesis titulado Estudio comparativo de construcción de chimeneas, por método convencional Ch. 340 SW y mecanizado con plataforma trepadora Alimak Ch. 480 SW, en la Zona Torre de Cristal de la Compañía Minera Raura S.A. Resumen: La presente tesis es un estudio comparativo de construcción de chimeneas, por método convencional y mecanizado con plataforma trepadora Alimak, sus aspectos teóricos, procedimientos de trabajo y experiencias realizadas en la Compañía Minera Raura S.A. La investigación se inició con la siguiente interrogante: ¿Qué método de construcción de chimeneas se aplicará en minería subterránea, y cuál es el más adecuado para su aplicación en la Compañía Minera Raura S.A.?, siendo el objetivo: detallar los métodos de construcción de chimeneas que se vienen aplicando actualmente en minas subterráneas, como son las labores de preparación y seleccionar el más adecuado para su aplicación en la Compañía Minera Raura S.A. Teniendo como hipótesis: el método de construcción de chimeneas mecanizado con plataforma trepadora Alimak, es el más

adecuado para su aplicación en la Compañía Minera Raura S.A. en cuanto a la investigación el método es científico, de tipo aplicada, descriptiva y valorativa, de diseño descriptivo. La población de estudio está constituida por todas las chimeneas de la zona Torre de Cristal de la Compañía Minera Raura S.A.; las muestras son las chimeneas Ch. 340 SW y Ch. 480 SW. Se concluye que la construcción de chimeneas por el método mecanizado con plataforma trepadora Alimak es la más indicada, de acuerdo a los factores técnicos y económicos.

Tincallpa (2021) en su tesis Evaluación de costos del sistema de extracción del mineral por la ampliación de mina de 7000 a 15000 TMD, Compañía Minera Condestable – Lima. Realizó, la evaluación de costo del sistema de extracción del mineral por el incremento de producción de 7000 TMD a 15000 TMD, para determinar esta evaluación se utilizó data de transporte, análisis de las variables tales como precio unitario, parámetros de operación, planificación a largo plazo y análisis económico de Inversión. Para este incremento se determinó utilizar el sistema de transporte Mixto ( Pique y Volquetes), donde los volquetes harán el acarreo de interior mina a planta de tratamiento de toda la zona alta y Condestable; para la zona de profundización se extraerá el mineral a través del Pique con capacidad de 7000 TMD que será recientemente construido, el cual se ejecutará como primera etapa a partir del nivel +20 hasta el nivel -520 y se le abastecerá de mineral por medio de Volquetes ; esta inversión tiene como presupuesto de USD 25 MM el cual se compensará con el ahorro del costo de transporte, ya que para la capacidad de producción se obtuvo que bajo el mismo sistema de extracción y el sistema de transporte de mineral actual (7000 TMD - Volquete) para un incremento de producción de 15000 TMD el costo de transporte sería 2.41 \$/Ton y bajo el Nuevo sistema propuesto el costo de transporte sería 1.27 \$/Ton y se estaría ahorrando un total de 1.15 \$/ton en comparación con el transporte actual (solo volquetes).

### ***1.5.2 Antecedentes internacionales***

Vargas (2011) en su tesis; Desarrollo de un modelo de programación matemática para la planificación de la extracción. Dice, en la industria minera, la planificación de las

actividades a desarrollar para la extracción del mineral es fundamental para justificar las decisiones de inversión y las metas de producción. Esta memoria se desarrolló en Haldeman Mining Company S.A., empresa minera ubicada al interior de la quebrada de Sagasca en la región de Tarapacá, y enfrenta solucionar el problema de planificación de extracción de mineral decidiendo el secuenciamiento de extracción de maquinaria. En el yacimiento se utiliza maquinaria no convencional (conocida como roadheader) empleada para la excavación en minería subterránea. Los principales inconvenientes operacionales para la utilización de dicho equipo son las dificultades para maniobrarlo al interior de los túneles de producción debido a sus dimensiones (actividades de perfilamiento), así como los tiempos que requiere el equipo para moverse desde un frente de extracción a otro debido a la baja velocidad de traslado. Para enfrentar este problema, se formula un modelo de programación matemática que decide el punto de extracción a excavar en cada etapa de la secuencia de explotación, minimizando los traslados del equipo desde una perspectiva global. El modelo se desarrolla usando la herramienta GAMS y es resuelto empleando el solver IBM ILOG CPLEX, obteniéndose una secuencia extractiva óptima. Dicha secuencia es almacenada en una planilla de cálculo la cual es posteriormente procesada por un programa en Visual Basic que genera una representación gráfica de la secuencia.

Los resultados del modelo son favorables demorando no más de 20 minutos en entregar la solución del problema, tiempo considerablemente inferior al que actualmente requiere el equipo de profesionales encargado de dicha tarea y que corresponde a un poco más de medio día de trabajo. Más importante, se obtienen reducciones de las distancias de traslado a ser recorridas por la maquinaria. Comparando los resultados con la metodología actual de planificación, la reducción de la distancia de traslado es cercana al 9%. Ello se traduce en mayores rendimientos de la extracción de mineral al emplearse menos tiempo en el traslado, aumentando la producción de toneladas por día en un 3,3% y proyectándose un incremento de US\$ 383 M en las utilidades anuales para el módulo de estudio, lo que corresponde a un 3,2% de la utilidad.

## Capítulo II. Marcos teórico y conceptual

### 2.1 Marco teórico

#### 2.1.1 Extracción de mineral y desmonte con locomotoras

La extracción en NV 1800 veta Jimena es con locomotora a batería y carros mineros U-35 que se trasladan sobre rieles de 30lb/yd y trocha 500.

**2.1.1.1 Carros U-35.** Carros con capacidad de 35 pies cúbicos que equivale a 0.991 metros cúbicos, son muy utilizados en minería subterránea, consisten en una Tolvas acondicionadas de ruedas que transportan mineral o desmonte al lugar de descarga de la mina, son construidas a base de planchas metálicas montadas sobre chasis y ruedas de acero y su transporte es netamente sobre rieles.

La capacidad de carga de los carros U-35 depende de muchos factores: densidad del material, tamaño del material roto y que tan lleno se carga los carros.

Para datos de cálculo se considera que cada carro minero U-35 tiene una capacidad de 1.5tn de carga, los cuales son jalados por una locomotora a batería de 4tn de peso con capacidad de jalar 12 carros mineros cargados. El cual traslada los carros cargados de desmonte desde el frente de avance hacia los echaderos (Figura 3)

#### Figura 3

Carro Minero U-35



Nota: Fuente Propia.

**2.1.1.2 Locomotora a batería.** Actualmente en esta mina se usan 2 tipos de locomotoras, eléctricas y a baterías. Usando las locomotoras a batería en zonas de poca extracción y secciones pequeñas como es el caso de la extracción de carga de una cortada de sección 3x3m.

La locomotora a batería Serminsa de 4tn, tiene una batería de 1570kg y peso de locomotora sin batería 2640kg, con un peso total de 4210kg tiene 2 motores de 10HP cada uno, trabaja en rieles de trocha 500 y 750. Es capaz de jalar 12 carros mineros U-35 llenos de carga. La velocidad es graduada por un potenciómetro y recomendado para trabajar a una velocidad máxima de 10km/h. la locomotora se muestra en el siguiente gráfico y sus características en la Tabla 3.

**Figura 4**

*Locomotora a Batería de 4TN*



*Nota:* Fuente Propia.

**Tabla 3**

*Característica de locomotora 4Tn*

Identificación	Marca	Modelo	Capacidad	Potencia	Procedencia	Año de fabricación
Loco WR20-2	Bev Serminsa	WR20	24Tn	20HP	Perú	2007

*Nota:* Locomotora usado para la extracción de la carga de la CR NW-1 trocha 500. Fuente Propia.

**2.1.1.3 Vía de extracción.** En esta mina se utilizan rieles de 3 tipos: 30lb/yd, 45lb/yd y 60lb/yd, cuya elección dependerá de la frecuencia de uso, de las dimensiones y peso de los equipos a utilizar como son las locomotoras y carros mineros.

En la CR NW-1 la vía de extracción está compuesta por rieles de 30lb/yd, el cual están clavados sobre durmientes de madera (eucalipto) de 1.0x0.2x0.2m separados entre ellos 1m de eje a eje e instalados en la CR NW-1 con una inclinación de 5/1000. En la figura 5 se muestra rieles que se usa en la CR NW-1 del nivel 1800, 30 lb/yarda.

### **Figura 5**

*Vía en Nv 1800*



*Nota:* Fuente propia.

**2.1.1.4 Pala Neumática.** Es un equipo cuya fuente de energía es el aire comprimido. sirven para realizar el carguío de la roca fracturada del frente de avance hacia los carros mineros U-35 que están posicionados detrás de la pala a corta distancia. Este equipo se desplaza sobre rieles y se elige para una determinada labor, tomando en cuenta la sección del frente y del tamaño de los carros mineros con el cual se trabajará.

En la CR NW-1 se trabaja con una pala LM 57 neumática de Atlas Copco, y de stand-by una pala de las mismas características. Para el buen rendimiento de la pala neumática es necesario una buena presión de aire superior a los 80 psi.

## Figura 6

*Pala neumática*



*Nota:* Fuente propia.

### 2.1.2 Extracción de mineral y desmonte con camión de bajo perfil (dumpers)

El acarreo, traslado del material (desmonte) con dumper desde las tolvas neumáticas del nivel 1780 hacia los echaderos del nivel 1730 se realiza con Dumper. El cual recorre una rampa positiva de 450m y una rampa negativa de 500m. Teniendo un recorrido total por ciclo de 1900 metros en 27 minutos. Este movimiento es el que se eliminara al entrar en funcionamiento la chimenea RC 38 como chimenea de extracción entre los niveles 1660 y 1800.

**2.1.2.1 Dumper.** Los camiones de bajo perfil son muy útiles en la minería subterránea, diseñado para trasladar gran cantidad de carga en espacios reducidos y pendiente de rampa de 12/100.

## Figura 7

*Dumper*



*Nota:* Fuente propia.

**2.1.2.1.1 Características del camión de bajo perfil.** Las principales características del camión de bajo perfil son las siguientes:

- El camión articulado de alta capacidad está diseñado para la minería subterránea y ofrece alta maniobrabilidad en lugares confinados.
- Su excelente relación potencia/peso nos asegura una subida veloz en rampas empinadas.
- Tolva reforzada muy resistente al impacto y al desgaste para una larga vida.
- Descarga rápida y limpia gracias al perfil del piso y al ángulo de descarga de 70° amplio compartimiento para el operador, con asiento lateral para una visibilidad óptima y operación vi-direccional. Existen variedad de modelos y marcas. Y una articulación de 42°.

**2.1.2.1.2 Componentes del Equipo.** En la siguiente tabla se describe los componentes principales de un dumper.

**Tabla 4**

*Componentes del Dumper*

N°	ELEMENTO	FINALIDAD
1	Bastidor delantero	Aloja el motor, el convertidor del torque, la transmisión, tanque de refrigerante y compartimiento del
2	Área de articulación central	Conecta bastidores posteriores y delantero y los colectores de lubricación
3	Bastidor posterior	Contiene el eje posterior, la caja volcadora y los cilindros volcadores.
4	Compartimiento del operador	Asiento del operador y todos los mandos necesarios.
5	Tanque de combustible	Contiene la provisión necesaria para el equipo.
6	Tanque hidráulico	Contiene la provisión necesaria para el equipo
7	Neumáticos	Soporta el peso del equipo y su carga

*Nota:* Tomado de (Guevara Ríos, Jaime 2012).

**2.1.2.2 Echaderos.** Labores verticales donde se descarga y almacena el material roto de los frentes de avances. En la parte superior tiene una parrilla donde se realiza la descarga, echo de rieles de 45 lb/yd el cual es diseñado de acuerdo a los equipos que realizaran la descargan, convencional y trackles. En la parte inferior se tiene una tolva metálica o de madera que permite almacenar el material rodo en la columna de la chimenea

y realizar la descarga de este al accionar la compuerta con energía neumática o electrohidráulica.

**2.1.2.2.1 Parrilla.** Hasta este punto la Locomotora traslada los carros U-35 cargados, los cuales son volteados manualmente 1 a 1 para poder descargar el desmonte.

Estas parrillas están compuestas por 4 tubos colocados de forma horizontal en la CH RC que servirá de echadero, sobre estos tubos descansan 2 capas de rieles de 45lb/yd, en la capa inferior las rieles están ubicados de forma paralelas y separados una distancia de 0.5m de luz entre riel y riel. Y en la capa superior los rieles se encuentran perpendiculares a los rieles de la capa 1 con una separación de luz entre rieles de 0.2m.

En caso de echaderos para descarga de los carros U-35 se coloca un tubo de hierro para impedir que los carros caigan sobre la parrilla ver Figura.

**Figura 8**

*Parrilla convencional*



*Nota:* Fuente propia.

**2.1.2.2.2 Tolva.** Las tolvas neumáticas y electrohidráulicas de las Chimeneas de extracción son las encargadas de retener y acumular la carga de los avances mineros y de llenar las tolvas de los carros mineros, dumper y volquetes.

Se construyen de acuerdo:

- A la durabilidad del proyecto, de madera o metálicas.
- Es diseñado de acuerdo a los equipos donde se descargará el material roto, dumper, carros mineros o volquetes.

- La fuente de energía para accionar la tolva puede ser aire comprimido o unidad de poder (véase Anexo 6).

## Figura 9

*Tolva Hidráulica*



Nota: Fuente propia.

### **2.1.3 Equipo Alimak**

**2.1.3.1 Consideraciones en la elección del equipo alimak para chimeneas.** En la elección de la plataforma Alimak a emplearse en la construcción de chimeneas, se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Caracterización del macizo rocoso, para lo cual el macizo debe tener un RMR de 50, RQD de 60 y un Q de 6 que corresponde a una calidad de macizo rocoso de regular a buena.
- La chimenea debe construirse en desmote y ser específico que en este caso será usado como chimenea de extracción.
- La sección mínima para este tipo de chimenea será de 2.0 x 2.0 m.
- La longitud mínima de la chimenea debe ser de 50 m.
- La inclinación recomendable de la chimenea, puede variar entre 60° y 90°

Por otro lado, las ventajas y desventajas que ofrece el uso de una plataforma trepadora Alimak son:

**2.1.3.1.1 Ventajas:**

- Se puede usar para chimeneas de pequeña a gran longitud y con inclinación entre 60° y 90° para evitar cortes de cable por caída de roca.
- Se cambia la inclinación de las chimeneas fácilmente mediante el uso de carriles curvos.
- La preparación inicial del área de trabajo es muy reducida. Se puede construir chimeneas con diferentes secciones cambiando las plataformas, siendo posible excavar secciones de 3 m<sup>2</sup> a 20 m<sup>2</sup>.

**2.1.3.1.2 Desventajas:**

- Requiere mano de obra especializada.
- Al realizar el desmontaje ya no se pueden recuperar algunos de sus componentes.
- Cuando se ejecuta chimeneas de gran longitud se tiene problemas con los servicios como caída de tensión, baja presión de agua y aire, etc. (Marcos, 2015, pp.44-45)

**2.1.3.2 Características de la plataforma alimack.** La máquina Alimak es una plataforma/jaula que sube la chimenea por una cremallera empernada a la pared y debido a su gran flexibilidad, economía y velocidad se utiliza para la excavación de chimeneas y piques. Este equipo está especialmente diseñado para la construcción de chimeneas desde 90° hasta 65°, los cuales pueden ser con sistema neumático, eléctrico o diesel. En la minería subterránea, actualmente la plataforma Alimak, se ha convertido en un equipo muy usado, especialmente donde no existe ningún nivel de acceso superior, además tiene varias aplicaciones. Para la construcción de la chimenea propuesta y de acuerdo a sus características, se ha elegido una plataforma trepadora Alimak, modelo STH-5E de propulsión eléctrica, que consta de dos unidades propulsoras con un motor eléctrico cada una. La plataforma descenderá por gravedad y las características de este modelo son: (Marcos, 2015, pág.46).

**Tabla 5***Características Plataforma Trepadora Eléctrica Alimack Modelo STH-5E*

1	Área aproximada de chimenea vertical	7m <sup>2</sup>
2	Área máxima aproximada de chimenea inclinada a 45o	10m <sup>2</sup>
3	Altura máxima de excavación	400m
4	Longitud máxima de excavación	900m
5	Velocidad ascendente a 50 ciclos	0.3 m/s (18m/min)
6	Velocidad ascendente a 60 ciclos	0.36m/s (21.6m/min)
7	Velocidad de descenso por gravedad	0.4-0.5m/s (25-30m/min)
8	Capacidad del motor	7.5kw
9	Cable eléctrico especial	3x10+3x1.5+2

Nota: Tomado de (marcos,2015, pág.47)

**2.1.3.3 Descripción de las partes.** Se detalla seguidamente:

**2.1.3.3.1 Unidad propulsora.** Con piñones engranados a la cremallera de linterna del carril guía la propulsión que en este caso es mediante accionamiento eléctrico. Un elemento importante es el freno centrífugo que limita la velocidad de la plataforma trepadora en descenso por gravedad.

**2.1.3.3.2 Armazón.** Compuesto por conjunto de rodillos y dispositivos de seguridad que automáticamente frena a la trepadora si la velocidad de descenso excede el límite predeterminado de seguridad.

**2.1.3.3.3 Plataforma de trabajo.** Permite a los trabajadores realizar las actividades del armado del carril, perforación del frente, carguío, emparejar.

**2.1.3.3.4 Tambor de enrollamiento.** Es automática de manguera o cable que funciona cuando la trepadora asciende o desciende y es manipulado por el valvulero.

**Figura 10**

*Tambor de enrollamiento*



Nota: Fuente propia.

**2.1.3.3.5 Válvula múltiple.** Comprende al agua y aire que suministra estos servicios para las perforadoras.

**2.1.3.3.6 Bomba de alta presión.** Está compuesta por un sistema de pistones que es accionada por una polea que bombea el agua cuando la presión disminuye o cuando la altura es mayor.

**2.1.3.3.7 Trepador de servicio.** Siempre se debe tener operativo este sistema que es de emergencia y sobre todo para brindar apoyo al trepador principal.

**2.1.3.3.8 Cabezal de perforación.** Es un sistema de almacenamiento de agua y aire de donde parte para la conexión de agua y aire a la perforadora Stoker durante la perforación.

**2.1.3.3.9 Cabezal de disparo.** Es un sistema de protección que se coloca al final del carril cuya función es de protegerlo.

**2.1.3.4 Carriles guías.** Comprende:

- Carriles rectos de 2 m. cada uno.
- Carril de servicio.

- Carriles curvos de 8 y 25 grados.
- Topes o ángulos.
- Espaciadores de 10, 20, 30 cm.
- Pernos de expansión.
- Pernos de  $\frac{3}{4}$  x 5" galvanizados.
- Pernos de  $\frac{3}{4}$  x 3  $\frac{1}{2}$ " galvanizados.
- Pernos de  $\frac{3}{4}$  x 2  $\frac{1}{4}$ " galvanizados.
- Tuercas de  $\frac{3}{4}$ ".

**2.1.3.5 Componentes adicionales.** Son los siguientes:

**2.1.3.5.1 Frenos de la plataforma trepadora.** Consiste de un sistema de zapatas que al accionar actúan sobre la transmisión del motor para poder controlar su velocidad. Normalmente posee 3 sistemas de frenos independientes, el equipo de accionamiento está provisto de un freno de mando y un freno para descenso por gravedad. Finalmente hay un paracaídas que se activa automáticamente cuando la velocidad sobrepasa el límite establecido.

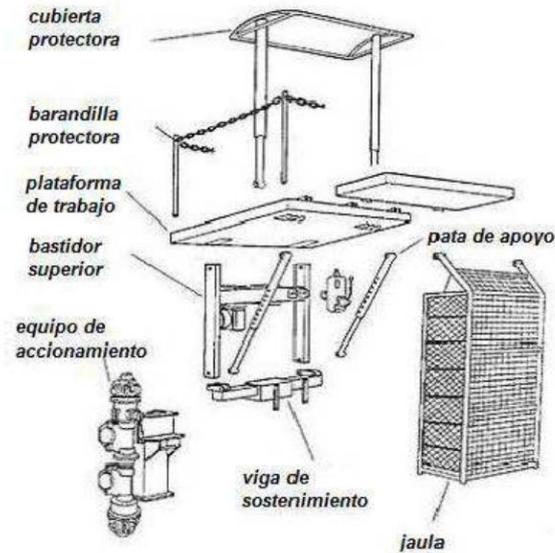
**2.1.3.5.2 Radios.** Es un medio de comunicación entre el personal que está en la plataforma principal y la cámara de montaje.

**2.1.3.5.3 Tablero de control.** Este sistema debe de instalarse cerca de la plataforma trepadora, comprende mandos para la conexión y desconexión de la corriente principal.

**2.1.3.5.4 Regulador automático de tensión.** Al realizar la excavación resulta difícil de obtener la tensión suficiente para el motor eléctrico debido a la caída de tensión que existe en toda la longitud del cable. Esto puede causar problemas de arranque contra la tensión elevada en el arranque del motor, por esta razón es necesario tener una elevada tensión y luego reducirlo después para no perjudicar al motor.

## Figura 11

### Partes de trepadora alimak



Nota: Tomado de (Marcos, 2015, pág. 50).

### 2.1.4 Evaluación Económica del Proyecto

La evaluación económica tiene como finalidad, definir si se debe invertir el capital de la empresa en un proyecto o utilizarlo de forma diferente. Para ello es necesario medir el valor del proyecto en función a los ingresos que genera y los costos que este nos genere.

Una vez tomada la decisión de invertir el capital en un nuevo proyecto y cuando ya se ha realizado la inversión, los que suministran y administran el capital deben conocer los resultados financieros. Por lo tanto, es necesario establecer procedimientos que puedan registrar y resumir los movimientos financieros relacionados con la inversión, determinando la eficiencia financiera.

En este caso del proyecto no va a generar utilidades por ventas de productos, sino que generará un ahorro por disminución de los costos por tonelada transportada. Para fines de evaluación del presente proyecto el ahorro se tomará como ganancia o utilidad.

(Marcos, 2015, p 82-83)

**2.1.4.1 Indicadores económicos financieros.** Debido a que siempre hay una depreciación de la moneda es necesario cuantificar el grado de riesgo y rentabilidad de la inversión a través de una tasa de interés pertinente y conservador.

Existen muchas formas de comparar los costos con los beneficios de un proyecto. Dependiendo de esta comparación se puede obtener diversos coeficientes o magnitudes los cuales indicarán diferentes aspectos del valor del proyecto.

Para este proyecto presentamos algunos indicadores financieros más utilizados. (Marcos , 2015, p. 83)

**2.1.4.1.1 Valor actual neto (VAN).** Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.

El método consiste en descontar al momento actual mediante una tasa dada por la empresa, todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

El método de valor presente es uno de los criterios económicos más usados en la evaluación de proyectos de inversión. Consiste en determinar la equivalencia en el tiempo 0 de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial. Cuando dicha equivalencia es mayor que el desembolso inicial, entonces, se recomienda aceptar el proyecto.

La fórmula que nos permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde:

t : Flujos de caja en cada periodo t.

$I_0$  : Inversión inicial.

n : Número de períodos considerado.

El tipo de interés es k. Si el proyecto no tiene riesgo, se tomará como referencia el tipo de la renta fija, de tal manera que con el VAN se estimará si la inversión es mejor que invertir en algo seguro, sin riesgo específico.

Cuando el VAN toma un valor igual a 0, k pasa a llamarse TIR (tasa interna de retorno). La TIR es la rentabilidad que nos está proporcionando el proyecto.

Puede considerarse también la interpretación del VAN, en función de la creación de valor para la empresa:

- Si el VAN de un proyecto es positivo, el proyecto es bueno.
- Si el VAN de un proyecto es negativo, no es conveniente invertir.
- Si el VAN de un proyecto es cero, no genera ganancia ni pérdida. (Marcos, 2015, pp. 83-84)

**2.1.4.1.2 Tasa interna de retorno (TIR).** Llamada también tasa interna de recuperación. Se define como aquella tasa de descuento para el cual el VAN resulta igual a cero.

La TIR refleja el valor de la rentabilidad total del proyecto, es decir, equivale a la tasa de interés compuesto que se tendría que obtener del capital invertido en el proyecto para percibir un flujo de beneficios netos financieramente equivalentes a los generados por el proyecto.

Es la tasa que iguala la suma del valor actual de los gastos con la suma del valor actual de los ingresos previstos:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I = 0$$

Donde:

$F_t$ : Flujo de caja en el periodo t.

n: Número de periodos.

I: Inversión inicial. (Marcos, 2015, p. 84)

**2.1.4.1.3 Relación beneficio-costo (B/C).** Es el coeficiente que resulta de dividir la sumatoria de los beneficios actualizados entre la sumatoria de los costos actualizados generados por el proyecto.

El análisis de la relación beneficio costo (B/C) toma valores mayores, menores o iguales a 1, lo que implica que:

B/C > 1 implica que los ingresos son mayores que los egresos, entonces el proyecto es aconsejable.

$B/C = 1$  implica que los ingresos son iguales que los egresos, en este caso el proyecto es indiferente.

$B/C < 1$  implica que los ingresos son menores que los egresos, entonces el proyecto no es aconsejable. (Marcos, 2015, pp. 85-86)

**2.1.4.1.4 Periodo de recuperación de la inversión (PRI).** “Es un instrumento que permite medir el tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen la inversión inicial” (Marcos, 2015, p. 86).

## **2.2 Marco Conceptual**

- Mineral. Es la parte que tiene valor en la explotación de una mina.
- Desmonte. En minería subterránea el desmonte es el material roto que no tiene valor (roca fracturada producto de la voladura), también se le llama desmonte al mineral que no tiene buena ley y es desechado como desmonte.
- Veta. La veta es un depósito de Mineral que se encuentra en las grietas de las rocas y dependiendo de la concentración de minerales se evalúa su explotación.
- Trocha 500. Es la separación de 50cm entre los rieles que se usa en la vía para el tránsito de las locomotoras
- Frente de avance. Es la posición actual de la labor minera donde se está realizando el ciclo de minado.
- Extracción. Es el proceso de retirar el material roto de los frentes de avances y trasladarlo hacia un echadero.
- Sección: Son las dimensiones con los cuales se llevan las labores mineras como son las siguientes: Cortadas de sección 3.5x3.5m y 3.0x3.0m, galerías de sección 2.7x2.7m , Subniveles de sección 1.2x1.8m, chimeneas convencional de sección 1.5x1.5 y 1.5x2.4m, chimeneas RC de 2.0x2.0, chimeneas RB de 2.0m de diámetro, rampas de sección 3.5x3.5 y 3.0x3.0m.
- CR. Es la abreviatura de Cortada, labor lineal que se avanza con punto dirección y gradiente.

- Raise Climber (RC). Es una Jaula trepadora que consiste en una plataforma de trabajo diseñada para seguir chimeneas verticales o inclinadas en las operaciones subterráneas.
- Chimenea (CH). La chimenea es una labor vertical o inclinada se construyen comúnmente en la preparación de los tajos y para servios como echaderos o servicios.
- Rampa. Labor con inclinación, positiva si la labor se está subiendo con una pendiente de 0 a 12% y negativa si se está siguiendo hacia abajo con una pendiente de 0 a -12%.
- Stand By. En minería se usa para referirse a los equipos que están en espera para ser usado en caso de malograrse un equipo, también se usa para las labores que se pueden empezar en caso no se pueda seguir las labores programadas.
- Psi. Es una unidad de medida inglesa que se usa en minería nos indica la presión del aire comprimido que se tiene en los frentes de trabajo. Están instalados en las punteras y pulmón de aire (véase Anexo 6).
- Aire comprimido. Es el aire sometido a grandes presiones por compresoras, es la principal fuente de energía que se usa en la mina para las perforaciones de los frentes de avance y tajeos. Es llevado hacia los frentes de trabajo a través de tuberías de polietileno.
- Macizo rocoso. Llamado a la porción de roca y sus discontinuidades de diversos tipos que afectan al medio rocoso.
- Carril curvo. Es la estructura metálica por el cual sube la jaula trepadora, es quien cambia la dirección.

## Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

### 3.1 Sistema de extracción de la CR NW-1 antes del proyecto

El desmonte proveniente del avance de la CR NW-1 del nivel 1800 veta Pajilla tiene como destino final la desmontera del nivel 1467. El recorrido total de la carga proveniente de la CR NW-1 en el momento que se decide cambiar el sistema de extracción se detalla (véase el Anexo 7) y en la siguiente Tabla.

**Tabla 6**

*Distancia total que recorre la carga del frente de la CR NW-1 a la desmontera*

DE	A	NIVEL INICIO	NIVEL FINAL	RECORRIDO (m)	MEDIO TRANSPORTE
Frente de avance	Parrilla OP 9	1800	1800	300	Locomotora
Parrilla OP 9	Tolva OP 9	1800	1780	20	Caída libre
Tolva OP 9	Parrilla RC 34	1780	1730	950	Dumper
Parrilla RC 34	Tolva RC 34	1730	1660	70	Caída libre
Tolva RC 34	Parrilla RC 7	1660	1660	2700	Locomotora
Parrilla RC 7	Tolva RC 7	1660	1467	193	Caída libre
Tolva RC 7	Desmontera	1467	1467	3250	Locomotora
TOTAL				7483	

*Nota:* Debido a información restringida se considera las cotas para la longitud de los echaderos. Fuente Propia.

Debido a que el costo de extracción es alto por el uso del dumper, se decide construir una chimenea de extracción (RC 38), el cual estratégicamente tiene que comunicar a unos 100 metros delante de donde se encuentra el avance de la CR NW-1. (véase el Anexo 7).

#### 3.1.1 Costo de la extracción

**3.1.1.1 Costo de extracción con locomotora.** El costo de extracción con locomotora es dependiendo del tipo de carro minero usado y de la longitud que recorrerá la locomotora. Los costos se detallan en la siguiente tabla 7, usando los precios unitarios para los 2 tipos de carros usados en la extracción de esta zona.

**Tabla 7***Costo de extracción con locomotora en dólares por tonelada*

Carro minero	0-1km	0-2km	0-3km	0-4km	0-5km
G-140	0.63	0.89	1.14	1.41	1.67
U-35	2.86	3.9	5.10	6.23	7.31

*Nota:* Dato proporcionado por las contratistas mineras. Fuente propia.

**3.1.1.2 Costo de extracción con dumper.** El costo de extracción con dumper es dependiendo de la capacidad del equipo y la longitud del recorrido. El costo se detalla en la siguiente Tabla.

**Tabla 8***Costo de extracción con dumper en dólares por tonelada*

Equipo	0-1000m	0-1250m	0-1500m	0-1750m	0-2000m
Dumper 15 TN	6.04	7.13	8.23	9.32	10.43

*Nota:* Dato proporcionado por las contratistas mineras. Fuente propia.

**3.1.1.3 Costo total de extracción antes del proyecto.** El costo total de extracción es la sumatoria del costo en cada nivel como se muestra en la Tabla 9, reemplazando datos de la Tabla 7 y 8.

**Tabla 9***Costo total de extracción en dólares por 1 tn de desmonte*

De	Hacia	Equipo	Capacidad	Longitud	Pu
Frente avance	Op 9	Locomotora	U-35	300	2.86
Op 9	RC 34	Dumper	15Tn	950	6.04
Tolva RC 34	RC 7	Locomotora	G-140	2700	1.14
Tolva RC 7	Desmontera	Locomotora	G-140	3250	1.14
<b>Total</b>					<b>11.18</b>

*Nota :* Fuente Propia.

El costo para trasladar 1 TN de desmonte del frente de avance hasta la desmontera es de 11.18 dólares. Debido a este alto costo se decide implementar una CH RC.

### 3.2 Proyecto CH RC 38

En esta parte se evaluará detalladamente los parámetros que se tomaron para la construcción de la CH RC 38.

### 3.2.1 Construcción CH RC 38

La chimenea RC 38 de 140 m (véase Anexo 8) partirá del nivel 1660 CR AURORA y comunicará al nivel 1800, que en el momento de aprobado el proyecto no cuenta con cabeza en la CR NW-1 (ver anexo 5).

Para hacer una CH RC es necesario hacer una infraestructura que nos permita realizar la chimenea de manera segura y eficiente, el cual llamamos Nido. El nido este compuesto por 2 cámaras y 2 chimeneas (véase Anexo 9).

Los trabajos a realizar para hacer esta chimenea y el tiempo que toma cada actividad se detallan a continuación en la siguiente Tabla 10 y (véase el Anexo 10,11 y 12).

**Tabla 10**

*Descripción de los trabajos a realizar para construcción de la CH RC 38*

Descripción	Sección	Longitud	Tonelaje	Tiempo (días)
ES CM RC 38-1	3.0x3.0	5	125.1	5
CH RC 38-1	2.4x2.4	13.5	216.2	5
Construcción del doble compartimiento				7
ESCM para Winche	2.0X3.0	3	50	3
CH RC 38-2	2.0X2.0	13	144.56	5
IZAJE MAS INSTALACION DE WINCHE				1
ES CM RC 38	3.0x3.0	20	500.4	6
Instalación de servicios y equipos alimak				3
Desquinche más construcción de tolva de madera				Labor que se realiza en paralelo
CH RC 38	2.0x2.0	140	1556.8	33
Cámara para unidad de poder	2.0x2.0	2	22.24	Labor que se realiza en paralelo
Instalación de mechas y desmontaje				4
<b>Total</b>			<b>2615.3</b>	<b>72 días</b>

*Nota:* 72 días fue el tiempo para construir la RC 38 sin contar con las paradas que se tubo. Fuente Propia.

**3.2.1.1 Guardias paradas en la construcción de la CH RC 38.** Como en toda labor minera se tiene paradas programadas y no programadas las cuales detallamos en la siguiente Tabla.

**Tabla 11***Se tuvo las siguientes paradas*

Paradas por	Guardias	Días
Acondicionamiento de labor para levantamiento topográfico	6	3
Eventos de relajamiento de rocas	20	10
Otros	4	2
<b>Total</b>	<b>46</b>	<b>15</b>

*Nota:* En otros se tiene paradas por falta de aire, falta de agua, falta de personal, falta de energía, problemas con el equipo y parado por seguridad. Fuente Propia.

El tiempo total para construir la RC 38 es la suma de 72 días más 15 de las paradas que viene hacer 87 días. Esto sin tomar en cuenta la construcción de la parrilla y la tolva.

**3.2.1.2 Construcción de tolva y parrilla para el echadero RC 38.** El tiempo que duro la construcción de la parrilla y la tolva para que el proyecto del nuevo echadero CH RC 38 quede concluido se tiene en el siguiente cuadro.

**Tabla 12***Tiempo que demora la construcción de parrilla y tolva*

Descripción de la tarea a realizar	Responsable	Guardias	Días
Desquinche para parrilla	Mina	2	1
Construcción de parrilla	Servicios		4
Construcción de muro y acceso para el parrillero	Servicios		4
Desquinche para tolva + sostenimiento+ perforación e inyectado de pernos helicoidales para soleras (base de la tolva)	Mina	4	2
Construcción de tolva	Servicios		16
Instalación de Pistón y mangueras a la unidad de poder.	Servicios		1
<b>Total, de días</b>			<b>28</b>

*Nota:* Los trabajos que pertenecen a servicios mina se realiza solamente en la guardia de día. Fuente Propia.

**3.2.1.3 Tiempo total del proyecto CH RC 38.** El tiempo que demoro desde que inicio el proyecto de la CH RC 38 hasta terminarlo con la construcción de la parrilla y la tolva se tiene en la siguiente Tabla.

**Tabla 13***Tiempo total del proyecto*

Descripción de la tarea	Días
Construcción de la CR RC38 en condiciones Normales	72
Paradas	15
Construcción de tolva y parrilla	28
<b>Total, de días</b>	<b>115</b>

Nota: Fuente propia

**3.2.1.4 Costo del proyecto RC 38.** El sistema de extracción está compuesto por una chimenea RC y la preparación de una tolva en la parte baja y la parrilla en la parte superior.

El costo total del nuevo sistema de extracción CH RC 38 es la sumatoria de los siguientes gastos que se muestran en la Tabla.

**Tabla 14***Costo del proyecto RC 38*

Descripción de trabajos	Sección (mxm)	Longitud (m)	Tonelaje	Tareas	Pu	Costo
ESCM RC 38-1	3.0x3.0	5	125.1		543	2,715
CH RC 38-1	2.4X2.4	13.5	216.2		971.2	13,111
Doble compartimiento						1,581
Cámara para winche	2.0x3.0	3	50		535	1,605
Instalación de winche						483
Cámara de alimak (véase Anexo 13)	3.0x3.0	20	500.4		605	12,100
CH RC 38-2	2.0x2.0	13	144.56		700	9,100
Sostenimiento de cámara y chimeneas						4,048
Traslado de alimak a la cámara						1,218
Instalación de equipos alimak						4,222
Desquinche para tolva de madera			10		32.7	327
Tolva de madera						1,748
CH RC 38	2.0x2.0	140	1556.8		915	128,100
Cámara para unidad de poder	2.0x2.0	2	22.24		466	932

Instalación de mechas				35	280	
Desmontaje de equipo alimak					3,585	
Desmontaje de carril 70 carriles				50	3,500	
Instalación de servicios aire y agua					200	
Parada por levantamiento topográfico			6	900	5,400	
Parada por relajamiento de rocas			20	900	18,000	
Otras paradas			4	900	3,600	
Descripción de trabajos	Sección (mxm)	Longitud (m)	Tonelaje	Tareas	Pu	Costo
Desquinche para parrilla			15		32.7	490
Construcción de parrilla						1,850
Construcción de muros en parrilla						1200
Desquinche para tolva			10		32.7	327
Sostenimiento del desquinche para tolva metálica.						980
Construcción de tolva						21,000
Unidad de poder (ver Anexo 14)						20,000
Extracción de desmonte con locomotora		3200	2,650.3		1.14	3021
<b>Total</b>						<b>264,723</b>

Nota: Fuente propia.

El proyecto del nuevo sistema de extracción CH RC 38 tiene un costo de 264,723 dólares.

### 3.3 Nuevo sistema de extracción en la CR NW-1 NV 1800 veta pajilla

Luego de 3 meses y 25 días el nuevo sistema de extracción queda concluido. La CR NW-1 del NV 1800 abra recorrido 320 metros debido a que el avance promedio en esta labor es de 80metros por mes. (véase Anexo 15).

En la Tabla 15 y el Anexo 15, se muestra el nuevo recorrido del desmonte de la CR NW-1.

**Tabla 15***Recorrido que tendrá la carga de la CR NW-1 con el nuevo sistema de extracción*

DE	A	NIVEL INICIO	NIVEL FINAL	RECORRIDO (m)	MEDIO TRANSPORTE
Frente de avance	Parrilla RC 38	1800	1800	220	Locomotora
Parrilla RC 38	Tolva RC 38	1800	1660	140	Caída libre
Tolva RC 38	Parrilla RC 7	1660	1660	3200	Locomotora
Parrilla RC 7	Tolva RC 7	1660	1467	193	Caída libre
Tolva RC 7	Desmontera	1467	1467	3250	Locomotora
<b>TOTAL</b>				<b>7,003</b>	

*Nota:* Como se Observa ya no se cuenta extracción con dumper. Fuente Propia.

**Tabla 16***Recorrido actual de la carga de la CR NW-1*

DE	A	NIVEL INICIO	NIVEL FINAL	RECORRIDO (m)	MEDIO TRANSPORTE
Frente de avance	Parrilla OP 9	1800	1800	620	Locomotora
Parrilla OP 9	Tolva OP 9	1800	1780	20	Caída libre
Tolva OP 9	Parrilla RC 34	1780	1730	950	Dumper
Parrilla RC 34	Tolva RC 34	1730	1660	70	Caída libre
Tolva RC 34	Parrilla RC 7	1660	1660	2700	Locomotora
Parrilla RC 7	Tolva RC 7	1660	1467	193	Caída libre
Tolva RC 7	Desmontera	1467	1467	3250	Locomotora
<b>TOTAL</b>				<b>7803</b>	

*Nota:* Fuente propia.

### **3.3.1 Analizando costos de extracción.**

Debido a que el costo de extracción varía con la distancia, en esta parte analizaremos los 2 casos en el momento que se inicia la extracción por la Ch RC 38.

**3.3.1.1 Sin CH RC 38.** Antes de dar inicio al nuevo sistema de extracción, se tiene el siguiente costo como se muestra en la Tabla.

**Tabla 17***Costo en dólares por tonelada transportado*

De	Hacia	Nivel inicio	Nivel final	Longitud (m)	Longitud Para PU	Equipo	Carro minero	Pu
Frente CR NW-1	OP 9	1800	1800	620	0-1km	Locomotora	U-35	2.86
OP 9	Parrilla RC 34	1780	1730	950	0-1km	Dumper	15 TN	6.04
Tolva RC 38	Parrilla RC 7	1660	1660	3200	0-3km	Locomotora	G-140	1.14
Tolva RC 7	Desmontera	1467	1467	3250	0-3km	Locomotora	G-140	1.14
<b>Total</b>								<b>11.18</b>

Nota: Fuente propia.

**3.3.1.2 Con CH RC 38.** Al realizar la extracción, la carga solo es trasladado por locomotoras. como se muestra en la Tabla.

**Tabla 18***Costo en dólares por tonelada transportado*

De	Hacia	Nivel inicio	Nivel final	Longitud (m)	Longitud	Equipo	Carro minero	Pu
Frente CR NW-1	Parrilla RC 38	1800	1800	220	0-1km	Locomotora	U-35	2.86
Tolva RC 38	Parrilla RC 7	1660	1660	3200	0-3km	Locomotora	G-140	1.14
Tolva RC 7	Desmontera	1467	1467	3250	0-3km	Locomotora	G-140	1.14
<b>Total, locomotora</b>								<b>5.14</b>

Nota: Fuente propia.

Vemos que hay una diferencia de 6.04, esto quiere decir que con el nuevo proyecto se ahorrara 6.04 dólares por cada tonelada transportada por la CH RC 38.

### 3.4 Extracción

Al implementar el proyecto RC 38, el desmonte que se genera al realizar la CR NW-1 dejará de ser transportado por el dumper, toda carga que se genere al avanzar la CR NW-1 tendrá que pasar por la CH RC 38 (véase Anexo 15). Para saber si es rentable el proyecto debemos conocer la cantidad de carga que se generara.

#### 3.4.1 Extracción en NV 1800 CR NW

La extracción que se genera en todo el proyecto de la CR NW-1 del nv 1800 es la sumatoria de las cargas de todas las labores realizadas para hacer posible este proyecto (véase Anexo1).

La longitud total del proyecto CR NW-1 es de 3675.24m. En el momento que se hace el uso del nuevo diseño de extracción CH RC 38, la CR NW-1 se encuentra con un avance de 620m (véase el Anexo 16). teniendo por avanzar la diferencia que viene hacer 3055.24m.

Las labores a realizar se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 19**

*Desmonte que será evacuado por la CH RC 38*

Labor	Utilidad	Cantidad	Sección (mxm)	Longitud (m)	Observación	Tonelaje
CR NW-1	Labor principal	1	3.0x3.0	3055.24		76442.1
Media luna (ver Anexo 17)	Para cambio	12	2x3.0	37	Cada 250m	7405.9
Refugios (ver Anexo 18)	Seguridad	6	4.0x3.0	18	Cada 500m	3602.8
Sub estación (ver Anexo 19)	Energía	6	4.0x3.0	7	Cada 500	1401.1
Refugios	Peatonal	61	1.2x2.0	1.5	Cada 50m	610.5
Cámaras RC64	Ventilación	4			Cámaras para chimenea	2452.7
CH RC 64	Ventilación	1	2.0x2.0	206	Chimenea de ventilacion	2290.7
Comedor (ver Anexo 20)	Personal	2	5.0x3.0	21	Se hizo 2 comedores	1751.4
<b>Total</b>						<b>95,957.2</b>

*Nota:* La media luna es usado para que la locomotora pueda posicionarse delante de los carros mineros. Fuente propia.

Extracción total hasta culminar el proyecto 95,957.2 toneladas

### 3.5 Tiempo total del proyecto CR NW-1

Para calcular el tiempo que tomara sacar las 95,957.2 toneladas, se tomó en cuenta que trabajaron 2 contratistas, la contratista Tena se encargó de la CR NW-1 y de las labores auxiliares y la contratista TYH de la chimenea de ventilación y del subnivel que comunica a superficie. Debido a que la CH de ventilación realizada por la contratista TYH se realizó en paralelo a las labores realizadas por la contratista Tena. Para el calculo del tiempo de extracción de los 95,957.2 toneladas se tomará en cuenta el tonelaje extraído por la contratista Tena, que viene hacer los 95,957.2 toneladas de desmonte, menos el tonelaje de

desmonte que aporta la CH RC 64 y del Sub nivel en la cabeza de la CH RC que comunica a superficie.

En la Tabla siguiente se muestra la longitud total de labores realizadas por la contrata Tena.

**Tabla 20**

*El tiempo de duración de la CR NW-1*

Labor	Utilidad	Cantidad	Sección (mxm)	Longitud (m)	Longitud total
CR NW-1	Labor principal	1	3.0x3.0	3055.24	3055.24
Cámara	Refugio Minero	6	4.0x3.0	18	108
Sub estación	Energía	6	4.0x3.0	7	42
Refugios	Peatonal	61	1.2x1.8	1.5	91.5
Cámaras para CH RC64	Ventilación	3			76
Comedor	Personal	2	5.0x3.0	21	42
<b>Total</b>					<b>3414.74</b>

*Nota:* De las 4 cámaras de ventilación CH RC 64, solo 3 se realiza por la contrata Tena. Fuente propia.

Sabiendo que la contrata tiene un avance promedio de 80 metros mensuales

Tiempo en meses =  $3414.74/80=42$  meses.

## Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

### 4.1 Ahorro anual con el proyecto

En el tercer año del proyecto se realizará paralelamente una Chimenea de ventilación (CH RC 64) y el subnivel que comunicara a superficie, es por esta razón que en el tercer Año hay una mayor evacuación de desmorte. Debido a que todo el proyecto tiene una duración de 42 meses, el cuarto año solo se extraerá 6 meses, por ende, tendrá la mitad de evacuación de desmorte según indica la tabla.

**Tabla 21**

*Ahorro por año*

					Total
Año	1er año	2do año	3er año	4to año	
Tonelaje(tn)	26,698.2	26,698.2	29,211.7	13,349.1	95,957.2
Ahorro (\$/tn)	6.04	6.04	6.04	6.04	
<b>Ahorro (\$)</b>	<b>161,257.1</b>	<b>161,257.1</b>	<b>176,438.6</b>	<b>80,628.564</b>	<b>579,581.3</b>

*Nota:* En el tercer año al volumen de desmorte de los avances se le sumara el desmorte generado por la chimenea de ventilación y del subnivel que comunica a superficie. Fuente propia.

### 4.2 Cálculo del van

Para saber si la inversión es rentable calcularemos el van

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Dónde:

t : Flujos de caja en cada periodo t.

$I_0$  : Inversión inicial.

N : Número de períodos considerado.

$$VAN = -264,723 + 161,257.1 / (1+0.12) + 161,257.1 / (1+0.12)^2$$

$$+ 176,438.6 / (1+0.12)^3 + 80,628.5 / (1+0.12)^4$$

$$VAN = -264,723 + 143,979.7 + 128,553 + 125,585.5 + 51,240.8$$

$$= -264,723 + 449,359$$

$$= 184,636$$

El valor positivo nos indica que el proyecto es rentable

### 4.3 Calculando el PRI

Es el periodo de recuperación del proyecto, el cual se analizará con la siguiente tabla.

**Tabla 22**

*Flujo de efectivo llevado al valor presente para calcular el PRI*

Año	Flujo de efectivo	Flujo de efectivo a valor presente	Flujo de efectivo acumulado
0	-264,723		
1	161,257.1	143,979.6	143,979.6
2	161,257.1	128,553.2	272,532.8
3	176,438.6	125,585.5	398,118.3
4	80,628.564	51,240.9	449,359.2

Nota: Fuente propia.

El flujo de efectivo acumulado en el segundo año es mayor que la inversión, esto quiere decir que el PRI esta antes de cumplir los 2 años.

$$X = 12 \text{ meses} \times 120,743 / 128,553.2 = 11.27 \text{ meses}$$

$$= 11 \text{ meses } 8 \text{ días}$$

El tiempo necesario para recuperar la inversión es la siguiente.

$$\text{PRI} = 1 \text{ año } 11 \text{ meses } 8 \text{ días}$$

### 4.4 Calculando el TIR

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I = 0$$

Dónde:

$F_t$ : Flujo de caja en el periodo t.

n: Número de periodos.

I: Inversión inicial.

Reemplazando:

$$0 = 161,257.1 / (1+X) + 161,257.1 / (1+X)^2 + 176,438.6 / (1+X)^3 + 80,628.6 / (1+X)^4 -$$

264,723

$$X=44.8\%$$

$$TIR=44.8\%$$

Se tiene una TIR mayor al 12% el cual es muy bueno, ya que tiene que variar mucho la tasa de descuento para hacer cero al VAN.

#### 4.5 Relación beneficio costo

$B/C = (\text{sumatoria de los flujos de efectivo a valor presente}) / \text{inversión inicial}$

$$B/C = (143,979.6 + 128,553.2 + 125,585.5 + 51,240.9) / 264,723$$

$$= 449,359.2 / 264,723$$

$$= 1.69$$

B/C es mayor que 1, lo cual indica que los ingresos son mayores a lo que egresa.

#### 4.6 Contratación de Hipótesis

Se evaluará la hipótesis para la media de 2 poblaciones, población1 el costo por tonelada antes de implementar la CH RC 38 y población2 el costo con el nuevo sistema de extracción.

**Tabla 23**

*Datos obtenidos en la Tabla 17 y 18*

Costo sin CH RC 38	2.86	6.04	1.14	1.14
Costo con CH RC 38	2.86	-	1.14	1.14

Nota: Fuente propia.

**Tabla 24**

*Cálculo de media, desviación estándar de una población*

Descripción	Media	Desviación estándar	n
Costo sin CH RC 38	2.7950	2.0008	4
Costo con CH RC 38	1.7133	0.8108	3

Nota: Fuente propia.

#### Paso 1

#### Hipótesis

Siendo  $\mu_2$  el costo promedio luego de implementar la CR RC38 y  $\mu_1$  el costo promedio antes de la implementación de la CH RC38.

$$H_0: \mu_2 \geq \mu_1$$

$$H_1: \mu_2 < \mu_1$$

## Paso 2

### Nivel de significancia

$$\alpha = 0.01$$

## Paso 3

Para una población de menos de 30 datos, usamos el estadístico de prueba t de Student

$$t = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}\right)}}$$

Resolviendo la t de Student

$$t = \frac{1.7133 - 2.7950}{\sqrt{\left(\frac{2.0008^2}{4} + \frac{0.8108^2}{3}\right)}}$$
$$t = -0.9794$$

## Paso 4

Calculamos t de las tablas y evaluamos en la Campana de Gauss

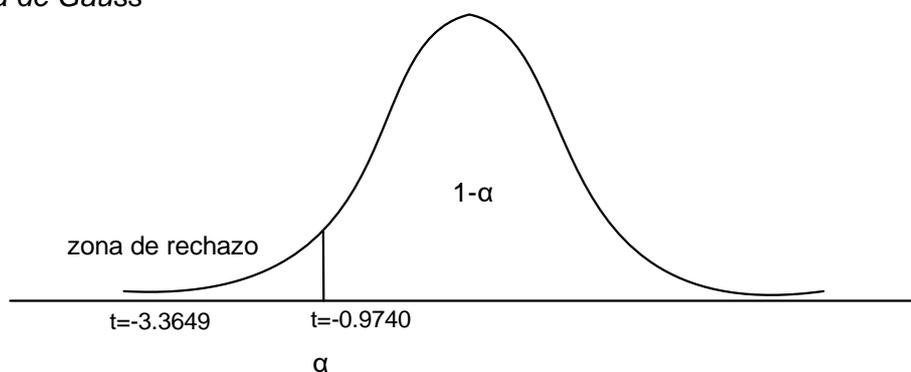
$$\alpha = 0.01$$

$$g. l = 4 + 3 - 2 = 5$$

$$t = -3.3649$$

### Figura 12

Campana de Gauss



Nota : Fuente propia.

-3.3649 está en la zona de rechazo, la Hipótesis Nula se rechaza.

## **Paso 5**

### **Conclusión:**

Al ser rechazada la Hipótesis nula, se acepta la Hipótesis alternativa  $H_1 : \mu_2 < \mu_1$ , donde podemos contrastar que la implementación de un nuevo sistema de extracción beneficia económicamente a la empresa.

## Conclusiones

La implementación del nuevo sistema de extracción permite una recuperación de la inversión en un tiempo muy corto 1 año 11 meses y 6 días, teniendo en cuenta que el proyecto tendrá una duración de 42 meses aproximadamente. Después de terminado el proyecto permitirá trasladar todo el material roto (mineral y desmonte) de las labores futuras a un costo bajo.

Los indicadores financieros TIR, VAN y B/C son muy buenos y nos permite ser rentable aun con riesgos muy altos, como nos indica el TIR 44.8%.

El costo del traslado de material con Dumper es más caro que trasladarlo con locomotora.

El costo de la extracción con el nuevo proyecto se redujo de 11.18 \$/tn a 5.14 \$/tn significando un ahorro mayor al 50% por tonelada transportado.

El costo de trasladar desmonte en carros mineros de menor capacidad no es rentable, por ejemplo: para el tramo de 1km con carros U-35 y G-140 son los costos son los siguientes. U-35=2.89 dólares por tonelada, G-140=0.63 dólares por tonelada.

Las paradas imprevistas de las labores mineras por evento de relajamiento de rocas son considerables. Ya que según la norma de estallidos de rocas cada vez que se presente uno evento regular a mayor intensidad se debe monitorear y parar la labor por 72 horas como mínimo. Esto podría retrasar muchos proyectos y no ser tan rentable para la empresa si no son tomados en cuenta ya que todas paradas tienen que ser retribuido a las empresas contratistas. Todos estos parámetros son obviados cuando no se cuenta con personal de experiencia realizando el planeamiento.

Una vez concluida la CR NW-1 del NV 1800, la rentabilidad del nuevo diseño de extracción podrá aumentar, esto debido a que llegará a la etapa de explotación

Debido a que la RC 38 tiene una mayor capacidad para almacenar carga, ya no se tuvo problemas con disponibilidad de equipos para evacuarla y perder disparos del frente

Con la eliminación del Dumper, por el nuevo diseño de extracción se mejora la ventilación en la mina.

Debido a que el echadero RC 38 se encuentra más cerca del frente de la CR NW-1, a 400m del anterior echadero OP 9. El ciclo en el frente de avance es más corto

## Recomendaciones

Se recomienda realizar proyectos para cambiar la capacidad de los carros mineros en la extracción. Esto debido al alto costo de extracción con carros de menor capacidad.

Considerar proyectos para eliminar el uso de dumper en la extracción, por su alto costo y gran contaminación.

Considerar cambios de sistema de extracción para labores con gran kilometraje, para asegurarnos de tener un van positivo.

Conocer la calidad de roca en la zona de los proyectos para considerarlo en los costos, esto podría incrementar por un mayor sostenimiento o por paradas por eventos de relajamiento de rocas.

Se recomienda contar con personal de experiencia en el desarrollo de las labores que se tomaran en cuenta para los proyectos, para de esta manera asegurarnos que el costo y tiempo de ejecución estén dentro de los parámetros requeridos por la empresa.

## Referencias bibliográficas

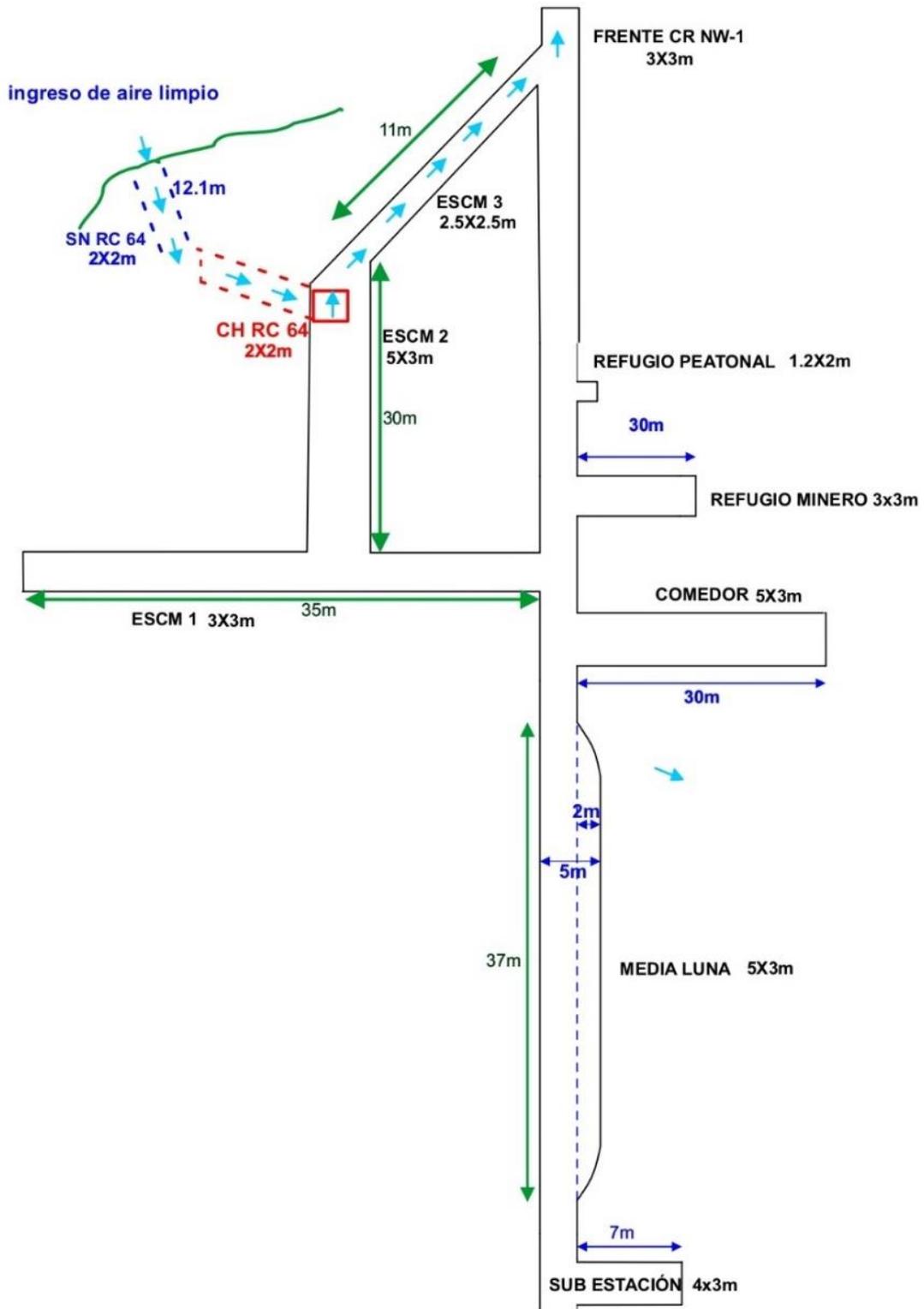
- Aguirre, H. (2013). Evaluación económica del sistema de extracción de mineral en el NV 2410 Unidad Minera Santa María de CIA Minera Poderosa [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio UNI.
- Espinoza, H. (2011). Mejoramiento de costo en transporte de mineral en CIA. Minera Poderosa SA [Tesis de licenciatura, no publicada]. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Guevara Rios, Jaime. (2012). Administración de Maquinarias pesadas en minería subterránea para una óptima producción en la U.P. Uchucchacua [ Tesis de licenciatura, Universidad nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. Repositorio UNAMBA.
- Mallqui Carranza, E. A. (2019). Optimización de costos en extracción de mineral, implementando chimenea raise boring como ore pass del nivel 1915 al nivel 1467 de la mina Papagayo- Poderosa [ Tesis de Licenciatura, no Publicada]. Universidad nacional de Trujillo.
- Marcos Álvarez, D.I. (2016). Evaluación económica del sistema de extracción de la mina Papagayo de Cía. Minera Poderosa [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio UNI.
- Martínez, R. (2020). El secreto detrás de una tesis, Biblioteca Nacional del Perú.
- Nel Quezada, L. (2015), Metodología de la investigación, Macro E.I.R.L.
- Portal Sandoval, W. G. y Díaz Campos, R. J. (2018). Diseño del sistema de extracción mediante un pique inclinado del proyecto de profundización 073 en la unidad minera Los Pircos–Santa Cruz–Perú 2018 [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN
- Ragas Quiñones, V. E. (2012). Reducción de costos de acarreo y transporte en la compañía minera Poderosa SA, luego de ejecutado el Proyecto Aurora [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio UNI.

- Tincallpa Espinoza, K.M. (2021). Evaluación de costos del sistema de extracción del mineral por la ampliación de mina de 7000 a 15000 TMD, Compañía Minera Condestable – Lima [ Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio UNSAAC.
- Torres Mestanza, R.W y Quiliche Cercado, R.W. (2021). Evaluación del sistema de transporte de mineral en una mina subterránea-Pataz La-Libertad-2021 [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio UNT.
- Vargas Pincheira, F.J. (2011). Desarrollo de un modelo de programación matemática para la planificación de la extracción [ Tesis de licenciatura, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile.
- Vílchez Córdova, W.E y Vílchez Córdova L.D. (2015). Estudio comparativo de construcción de chimeneas, por método convencional Ch. 340 SW y mecanizado con plataforma trepadora Alimak Ch. 480 SW, en la Zona Torre de Cristal de la Compañía Minera Raura S.A. [ Tesis de licenciatura, Universidad del Centro del Perú]. Repositorio UNCP.
- Villarreal Huaranga, D. (2017). Reducción de costos en el sistema de extracción en mina Papagayo-Cia. Minera Poderosa SA [Tesis de licenciatura, no publicada]. Universidad Nacional de Ingeniería.

## Anexos

	Pág.
Anexo 1: Croquis de labores mineras .....	1
Anexo 2: Elementos de sostenimiento .....	2
Anexo 3: Shotcrete .....	2
Anexo 4: Explosivo para jumbo.....	3
Anexo 5: Explosivo para maquina jackleg.....	4
Anexo 6: Pulmón de aire.....	5
Anexo 7: Ruta de extracción antes de la implementación de la CH RC 38 .....	6
Anexo 8: Labores para el Proyecto RC 38.....	7
Anexo 9: Nido CH RC 38.....	8
Anexo 10: Gantt CH RC 38.....	9
Anexo 11: Gantt de construcción de parrilla y tolva de la RC 38.....	10
Anexo 12: Gantt duración del proyecto CH RC 38 .....	11
Anexo 13: Cámara para equipo alimack .....	12
Anexo 14: Unidad de poder .....	13
Anexo 15: Posición de la CR SW-1 al concluir el proyecto CH RC 38 .....	14
Anexo 16: Avance de la CR NW-1 con el nuevo proyecto .....	15
Anexo 17: Media Luna.....	16
Anexo 18: Refugio Minero .....	17
Anexo 19: Subestación .....	18
Anexo 20: Comedor .....	18
Anexo 21: Matriz de Consistencia.....	19
Anexo 22: Matriz de Operacionalización de las Variables.....	20

# Anexo 1: Croquis de labores mineras



Nota: Fuente propia.

## Anexo 2: Elementos de sostenimiento



*Nota:* Fuente propia

## Anexo 3: Shotcrete



*Nota:* Fuente propia

#### Anexo 4: Explosivo para jumbo



Nota: Fuente propia.

**Anexo 5: Explosivo para maquina jackleg**



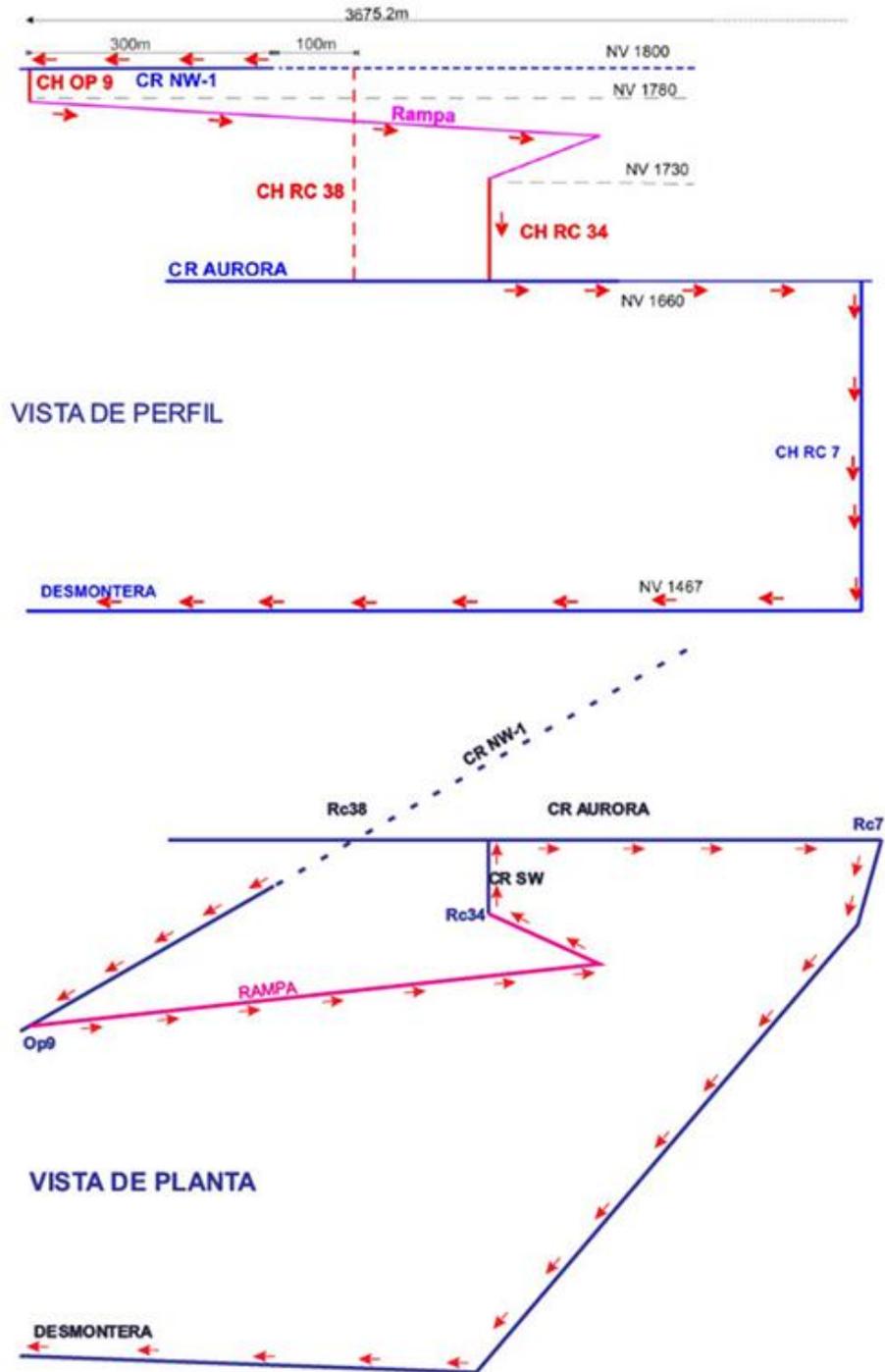
*Nota:* Fuente propia

## Anexo 6: Pulmón de aire



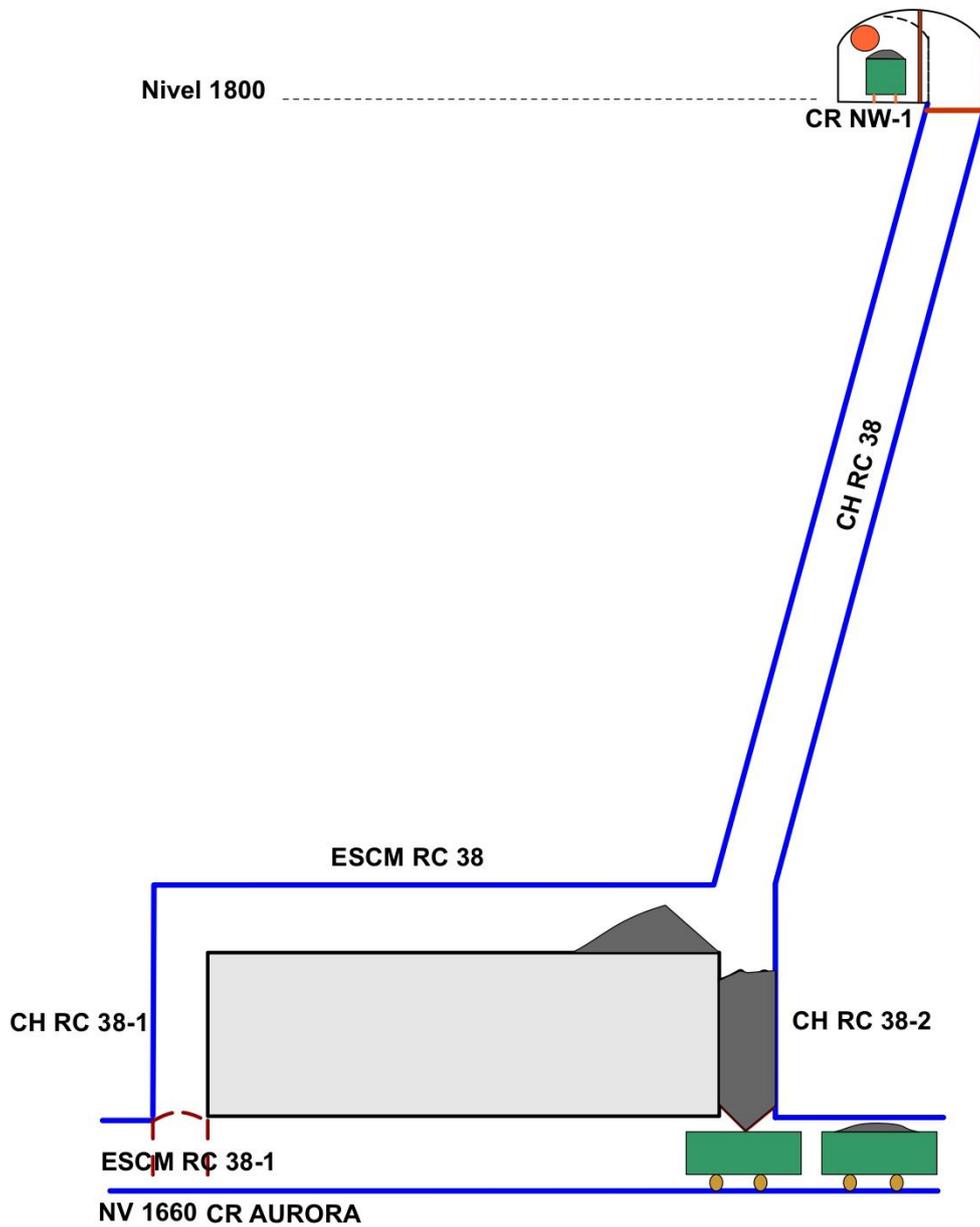
*Nota:* Acumula aire y permite eliminar el agua del aire comprimido. Fuente propia

## Anexo 7: Ruta de extracción antes de la implementación de la CH RC 38



Nota: Fuente Propia.

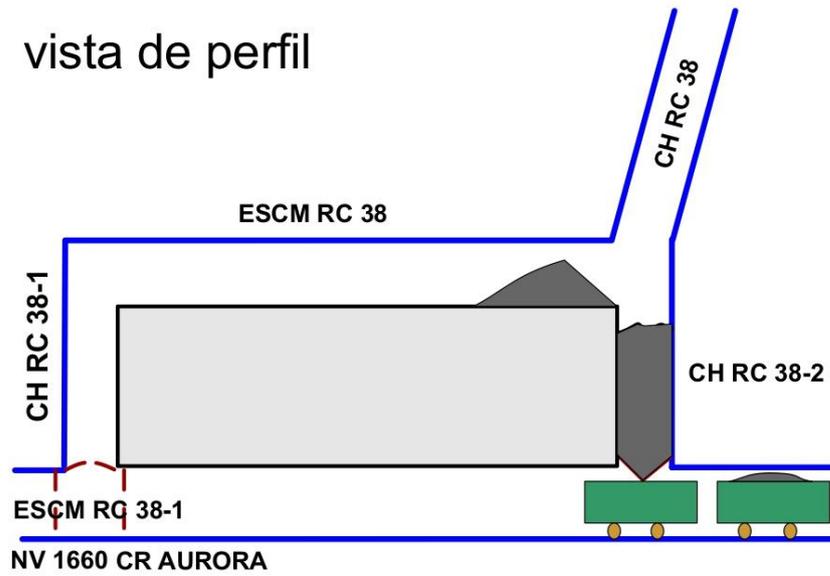
## Anexo 8: Labores para el Proyecto RC 38



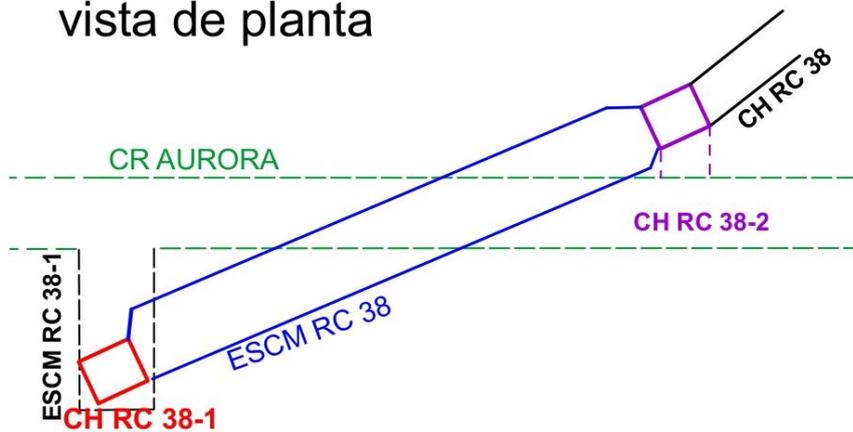
*Nota:* Fuente Propia

## Nido de la RC 38

vista de perfil

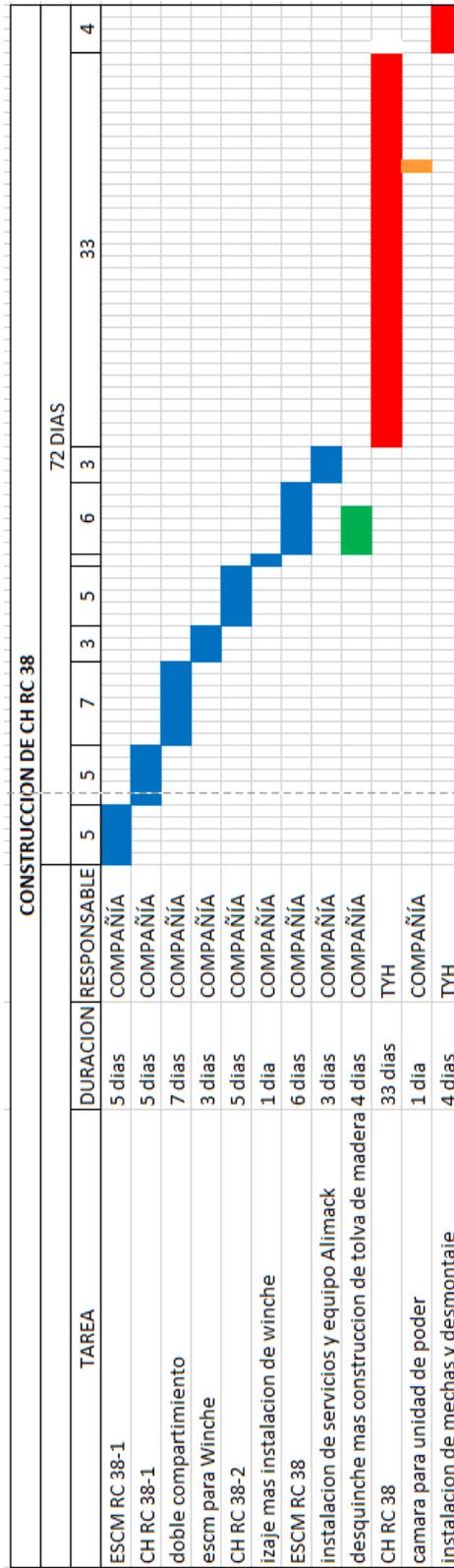


vista de planta



Nota: Fuente Propia.

Anexo 10: Gantt CH RC 38



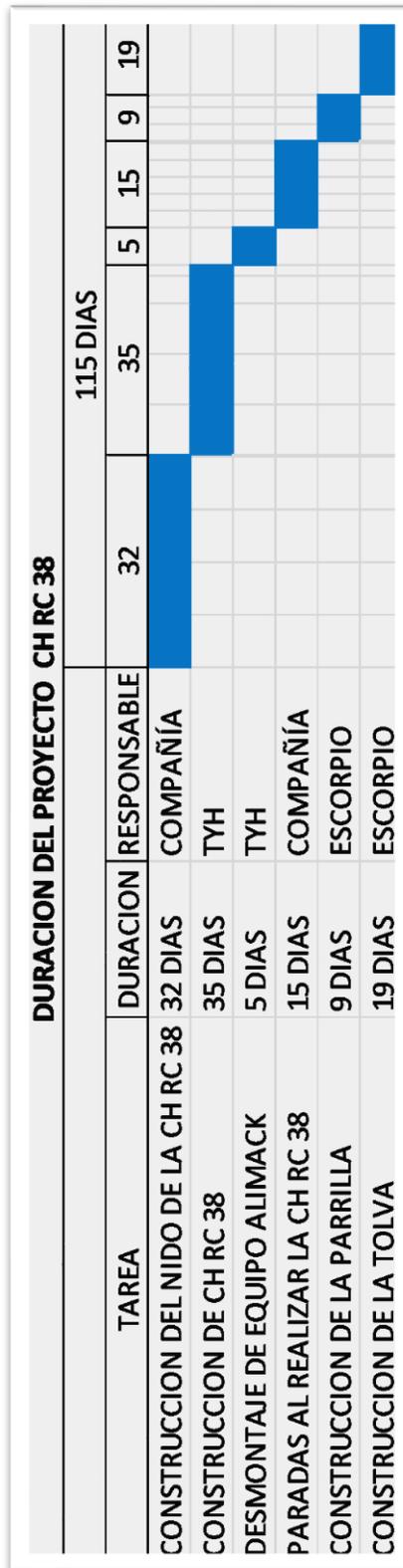
Nota: Fuente propia.

Anexo 11: Gantt de construcción de parrilla y tolva de la RC 38

CONSTRUCCION DE PARRILLA Y TOLVA DE LA RC 38										
TAREA	DURACION	RESPONSABLE	1	4	4	1	1	15	1	1
DESQUINCHE DE PARRILLA	1 dia	COMPAÑÍA	█							
CONSTRUCCION DE PARRILLA	4 dias	COMPAÑÍA	█	█						
CONSTRUCCION DE MURO Y ACCESO PARA EL PARRILLERO	4 dias	COMPAÑÍA		█	█					
DESQUINCHE PARA LA TOLVA	1 dia	COMPAÑÍA				█				
SOSTENIMIENTO MAS INYECTADO DE MECHAS	1 dia	COMPAÑÍA					█			
CONSTRUCCION DE TOLVA	15 dias	COMPAÑÍA						█	█	█
INSTALACION DE PISTON Y MANGERAS A LA UNIDAD DE PODER	1 dia	COMPAÑÍA							█	█
PINTADO DE LA TOLVA	1 dia	COMPAÑÍA								█

Nota: Fuente propia

**Anexo 12: Gantt duración del proyecto CH RC 38**



Nota: Fuente propia

### Anexo 13: Cámara para equipo alimak



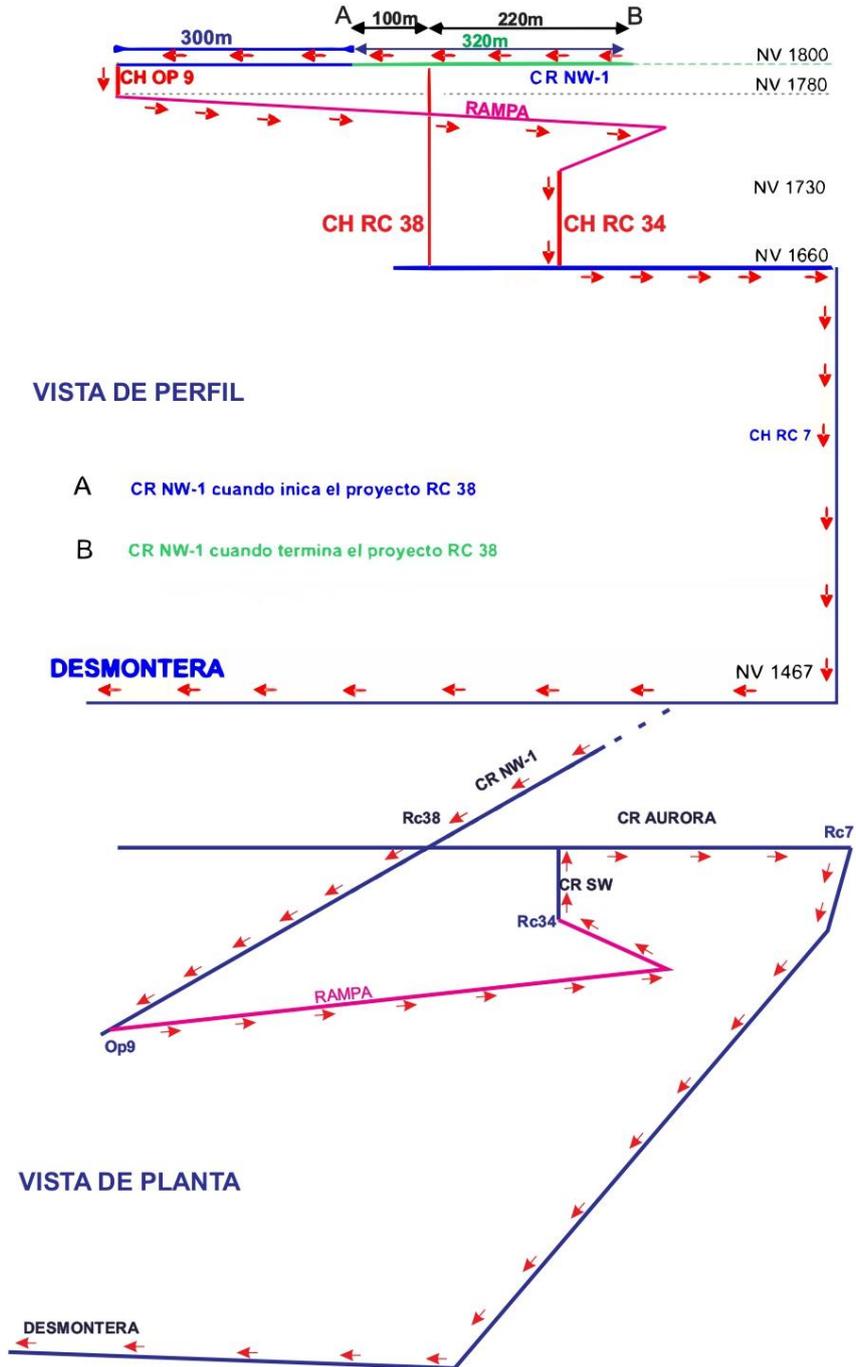
Nota: Fuente propia.

## Anexo 14: Unidad de poder



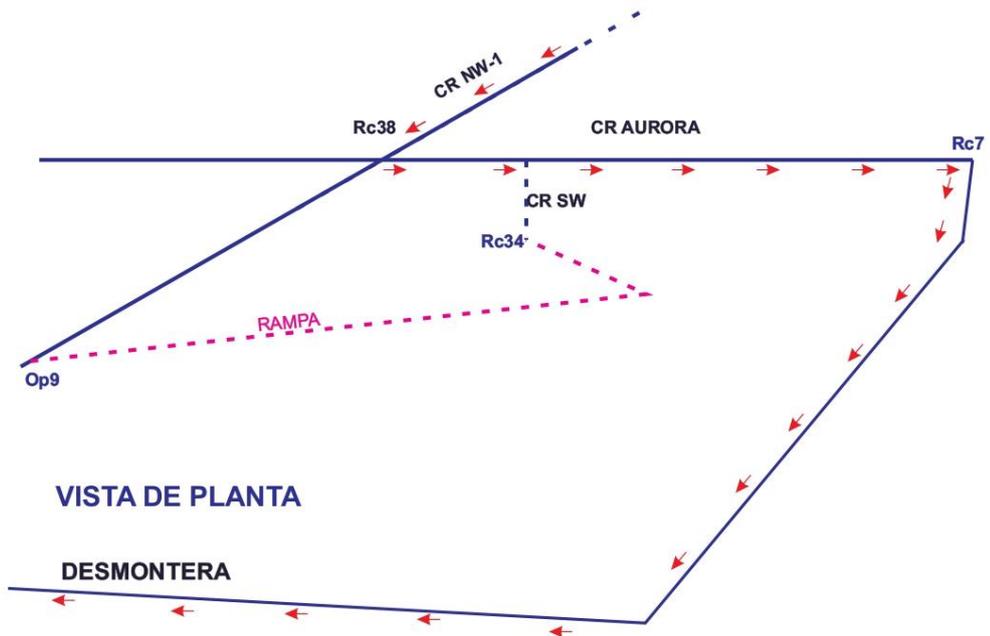
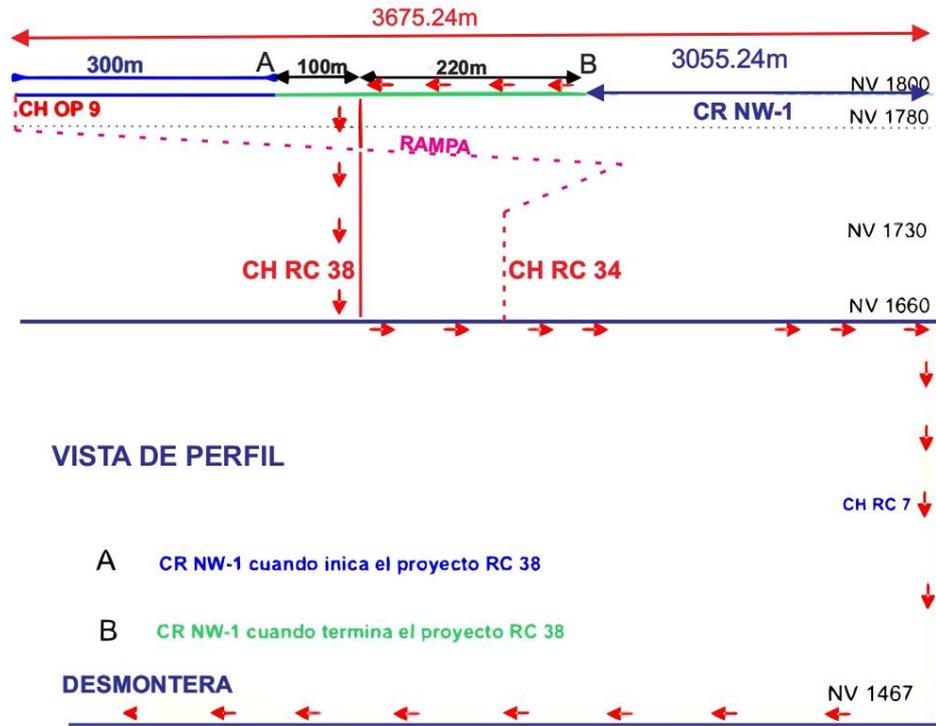
*Nota:* Fuente propia.

## Anexo 15: Posición de la CR SW-1 al concluir el proyecto CH RC 38



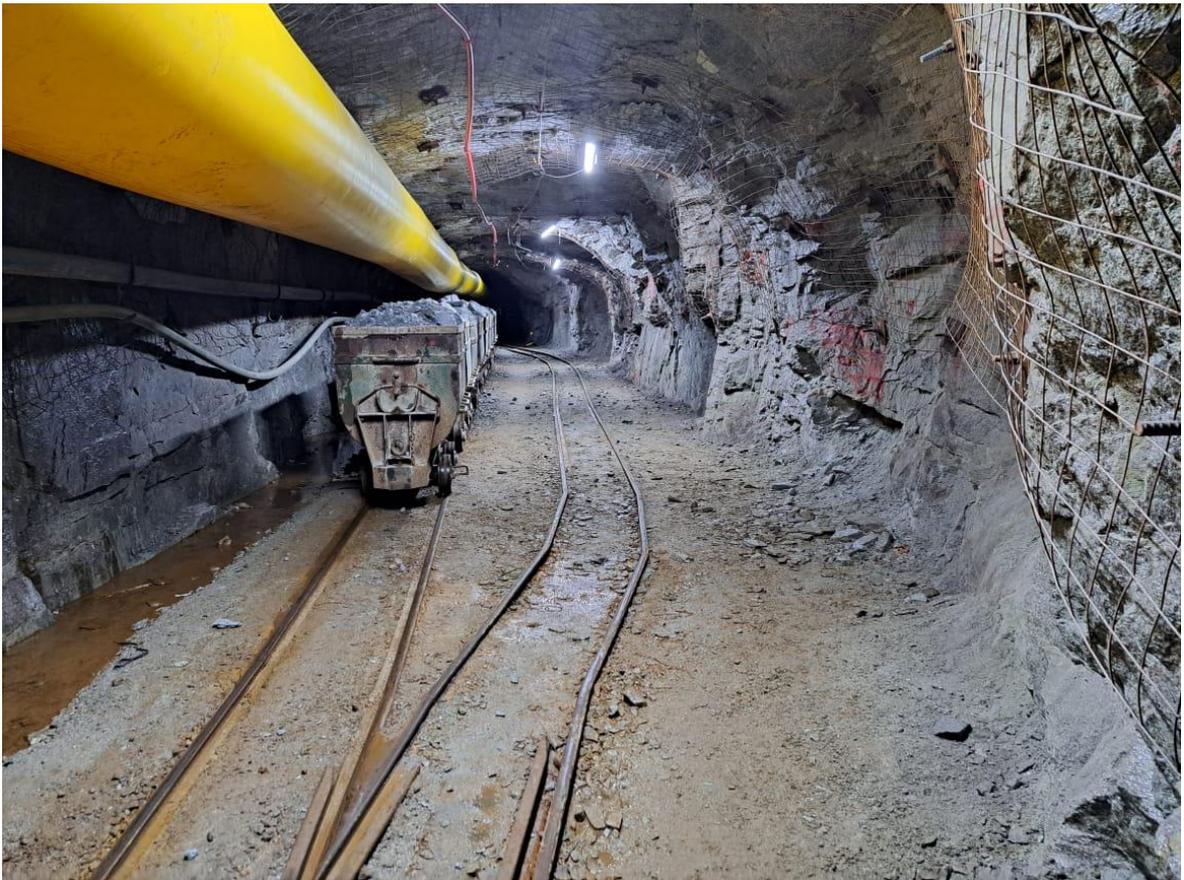
Nota: Fuente Propia.

**Anexo 16: Avance de la CR NW-1 con el nuevo proyecto**



Nota: Fuente propia.

## Anexo 17: Media Luna



*Nota:* Fuente propia.

## Anexo 18: Refugio Minero



Nota: Fuente propia.

## Anexo 19: Subestación



Nota: Fuente propia.

## Anexo 20: Comedor



Nota: Fuente propia.

## Anexo 21: Matriz de Consistencia

Título: Implementación de un sistema de extracción de mineral o desmonte en una mina subterránea para hacerla sostenible y competitiva

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DISEÑO METODOLOGICO	POBLACION MUESTRA MUESTREO
¿La implementación de una chimenea Reise Climber beneficiara técnica y económicamente en la extracción de una mina subterránea de mediana minería?	Implementar una CH RC en el sistema de extracción de mineral o desmonte en una mina subterránea para hacerla sostenible y competitiva.	La implementación de una CH RC en el sistema de extracción de mineral o desmonte en una mina subterránea la hace sostenible y competitiva.	-Costo del sistema de extracción -Implementación de una chimenea RC en el sistema de extracción	-Investigación de tipo aplicada. -Enfoque cuantitativo -Diseño experimental -Nivel explicativo.	-La población es el sistema de extracción de una mina subterránea en la Libertad. -La muestra es la extracción del nivel 1800 -Y el muestreo es no probabilístico intencional

## Anexo 22: Matriz de Operacionalización de las Variables

Implementación de un sistema de extracción de mineral o desmonte en una mina subterránea para hacerla sostenible y competitiva

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	Dimensión	Indicadores	Escala
Costo del sistema de extracción	Harry Howe, define al costo como el "precio pagado o la retribución para adquirir un activo. Aplicando a los 8 Indicadores de logro inventarios, el costo significa en principio la suma de los desembolsos aplicables y cargos incurridos directa o indirectamente al traer un artículo a su condición y localización existente".	La variable se evaluará tomando en cuenta el costo del traslado del mineral o desmonte según las distancias y el equipo usado	-Costo u-35 de 0-1km. -Costo G-140 de 2-3km. -Costo dumper de 0-1km.	2.86\$/TN 1.14\$/TN 6.04 \$/TN	intervalo intervalo intervalo
Implementación de una chimenea RC en el sistema de extracción	Es la excavación ascendente (es decir de abajo hacia arriba) en forma vertical o inclinada entre dos galerías minera.	La variable se evaluará según el costo total de la construcción de la chimenea rease Climber.	-Costo de la construcción de la chimenea. -Costo construcción de la tolva -Costo de la construcción de la parrilla.	\$/m \$ \$	Intervalo razón razón