

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



**T E S I S**

**Implementación de equipos mecanizados para incrementar la producción  
en la compañía minera Marsa**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero de Minas**

**Autor:**

**Bach. Giovanni Antony YUCRA CABELLO**

**Asesor:**

**Mg. Wenceslao Julio LEDESMA VELITA**

**Cerro de Pasco – Perú – 2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



**T E S I S**

**Implementación de equipos mecanizados para incrementar la producción  
en la compañía minera Marsa**

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

---

**Mg. Joel Enrique OSCUVILCA TAPIA**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCO**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Wilfried Bryan PÉREZ PARRAGUEZ**  
**MIEMBRO**



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

Facultad de Ingeniería de Minas

Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas

"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"



Firmado digitalmente por CONDOR SURICHACUI Santa Silva FAU  
20154605046 soft  
Soy el autor del documento  
12/2025 22:01:50 -05:00



## INFORME DE ORIGINALIDAD N° 060-2025

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

Presentado por:

**Bach. YUCRA CABELLO Giovanni Antony**

Escuela de Formación Profesional  
**Ingeniería de Minas**

Tipo de trabajo:  
**Tesis**

Título del trabajo  
**"Implementación de equipos mecanizados para incrementar la producción en la compañía minera Marsa"**

Asesor:  
**Mg. Wenceslao Julio LEDESMA VELITA**

Índice de Similitud: **10%**

Calificativo  
**APROBADO**

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

Cerro de Pasco, 11 de diciembre de 2025.

Sello y Firma del responsable  
de la Unidad de Investigación

## **DEDICATORIA**

A mis padres. Este logro es una prueba del esfuerzo y dedicación que hicieron para darme una educación de calidad. Valoro mucho las enseñanzas de vida que me han dado a lo largo de los años y por el amor incondicional que siempre me han brindado. Mi gratitud hacia ustedes nunca será suficiente para expresar lo agradecido que estoy. Esta tesis es una muestra de su legado y a la eterna admiración que siento por ustedes. Gracias por ser los mejores padres.

## **AGRADECIMIENTO**

Primero, quiero agradecer a mis padres por su apoyo incondicional apoyo en la realización de en la realización de todas mis metas académicas y personales. todas mis metas académicas y personales. Ellos son quienes me han motivado constantemente a buscar mis metas y objetivos a pesar de los obstáculos. Además, me han proporcionado el apoyo emocional y financiero para poder enfocarme en mis estudios y no abandonarlos jamás.

Además, quiero expresar mi agradecimiento a los profesores que han formado parte de mi trayectoria universitaria y me han impartido los conocimientos necesarios para poder estar aquí hoy.

Por último, agradecer a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión que me ha impuesto muchos retos, pero al mismo tiempo me ha permitido obtener mi título para así poder convertirme en el profesional que soñé ser al ingresar a esta facultad. Sin el trabajo y la gestión de cada uno de los directivos, no existirían las bases ni las condiciones necesarias para adquirir conocimientos; por ello, les agradezco.

## RESUMEN

El problema consistió en conocer en qué medida la Implementación de Equipos Mecanizados incrementará la producción en la en la Compañía Minera MARSA., el objetivo general consistió en implementar un sistema Trackless para incrementar la producción en la Compañía Minera MARSA., la hipótesis planteada señala que si efectuamos la Implementación de Equipos Mecanizados se Incrementar la Producción en la Compañía Minera MARSA.

La investigación que el sistema de producción vigente en la unidad minera San Andrés - MARSA es Riel, el cual produce oro y plata para exportarlas en onzas Troy. El volumen de producción al comienzo del estudio fue de 32.325,0 Onzas Troy de oro y 82.948,3 Onzas Troy de plata. Para elevar la producción en la unidad minera San Andrés - MARSA, se utilizarán los siguientes equipos: el volquete Volvo FM 8X4R con capacidad de 20 m<sup>3</sup>, compresora IR-750, camiones o dumper CAT AD30 de bajo perfil, pala diesel Sandvik 2.5 yd<sup>3</sup>, pala diesel Sandvik 4.2 yd<sup>3</sup> y micro pala diesel Sandvik 100D con capacidad de 0.7 yd<sup>3</sup>; además del jumbo eléctrico DD21 0. Perforadora Jumbo de Atlas Copco y ventilador axial yd<sup>3</sup>. La implementación de equipos mecanizados eleva la producción de oro en un 77,95% en el periodo a largo plazo desde 2019 a 2023 y así sucesivamente; de igual forma, la producción de plata crece en un 42,55% en ese mismo intervalo. Los indicadores financieros señalan que el sistema Mecanizado - Trackless es más lucrativo que el sistema con Riel. TIR con riel: 232,0%; TIR con equipos mecanizados sin riel: 328,0%.

**Palabras Clave:** Implementación, Equipos Mecanizados, Producción.

## **ABSTRACT**

The problem consisted of knowing to what extent the Implementation of Mechanized Equipment will increase production in the MARSA Mining Company. The general objective was to implement a Trackless system to increase production in the MARSA Mining Company. The proposed hypothesis indicates that if we carry out the Implementation of Mechanized Equipment, Production will Increase in the MARSA Mining Company.

The investigation revealed that the current production system at the San Andrés mining unit (MARSA) is Rie1, which produces gold and silver for export in troy ounces. Production volume at the beginning of the study was 32,325.0 troy ounces of gold and 82,948.3 troy ounces of silver. To increase production at the San Andrés - MARSA mining unit, the following equipment will be used: the Volvo FM 8X4R dump truck with a capacity of 20 m<sup>3</sup>, IR-750 compressor, CAT AD30 low-profile trucks or dumpers, Sandvik 2.5 yd<sup>3</sup> diesel shovel, Sandvik 4.2 yd<sup>3</sup> diesel shovel and Sandvik 100D micro diesel shovel with a capacity of 0.7 yd<sup>3</sup>; in addition to the DD21 0 electric jumbo. Atlas Copco Jumbo drill and yd<sup>3</sup> axial fan. The implementation of mechanized equipment increases gold production by 77.95% over the long-term period from 2019 to 2023 and so on; similarly, silver production grows by 42.55% over the same period. Financial indicators show that the Mechanized-Trackless system is more profitable than the system with Rie1. IRR with track: 232.0%; IRR with mechanized equipment without track: 328.0%.

**Keywords:** Implementation, Mechanized Equipment, Production.

## INTRODUCCION

En el día, las compañías mineras persiguen la optimización de todos sus procesos. Para lograrlo, necesitan implementar un desarrollo a nivel profesional, tecnológico y económico para conseguir más ventajas económicas.

Minera Aurífera Retamas SA - MARSA, es una compañía minera peruana de gran relevancia en la minería aurífera, con un aporte medio mensual de 400 kg de Au y una tasa de explotación de 43,000 TMS al mes, con una ley promedio de cabeza de 10.00 Au gr/TMS.

Este trabajo, realizado en la Minera Aurífera Retamas SA, se enfoca en el análisis y las medidas implementadas que ayudaron a aumentar la producción en la unidad minera. Esto se logró mediante la optimización de las eficiencias o rendimientos para asegurar el ritmo de explotación establecido por la mina.

El trabajo realizado incluye la optimización de las eficiencias, acelerando los ciclos de limpieza a través del trabajo de preparación adicional; lo que facilita la realización de tajos simultáneamente y con más seguridad, logrando así una producción superior, caracterizada por su calidad, rentabilidad y seguridad.

La hipótesis de trabajo fue impulsada por la problemática que surgió en la Unidad San Andrés, cuando el área Sur comenzó un plan de cierre y la mina debía continuar con el programa anual de producción.

Como la cubicación de las reservas de la mina indicaba que Chilcas Bajo, con 130,000 TMS y una ley de veta de 12.00 Au gr/TMS, era el área más apropiada para reemplazar la zona Sur.

El Autor



## **INDICE**

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

INDICE

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la Investigación.....	2
1.2.1. Ubicación .....	2
1.2.2. Accesibilidad .....	2
1.2.3. Geología Regional.....	3
1.2.4. Geología Local .....	4
1.2.5. Geología Estructural.....	5
1.2.6. Geología Económica .....	7
1.3. Formulación del Problema .....	8
1.3.1. Problema general.....	8
1.3.2. Problemas específicos .....	8
1.4. Formulación de Objetivos .....	8
1.4.1. Objetivo general .....	8
1.4.2. Objetivos específicos .....	8
1.5. Justificación de la investigación .....	9
1.6. Limitaciones de la Investigación.....	9

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de estudio.....	10
2.2. Bases teóricas - científicas.....	15
2.2.1. Enfoque de la Evaluación.....	15
2.2.2. Aspectos Técnicos.....	16
2.3. Definición de términos básicos .....	19
2.4. Formulación de hipótesis .....	25
2.4.1. Hipótesis general .....	25
2.4.2. Hipótesis específicas .....	25
2.5. Identificación de las variables .....	26
2.6. Definición operacional de variables e indicadores .....	26

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de investigación .....	27
3.2. Nivel de investigación.....	27
3.3. Métodos de investigación.....	28
3.4. Diseño de Investigación .....	28
3.5. Población y muestras .....	28
3.5.1. Población.....	28
3.5.2. Muestra.....	28
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
3.6.1. Técnicas.....	28
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos .....	29
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos. ....	29

3.8. Tratamiento estadístico .....	30
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica .....	30

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo .....	31
4.1.1. Delimitación del proceso actual .....	31
4.1.2. Producción Actual de la Empresa Minera.....	35
4.1.3. Estructura de los Ingresos y Egresos Ingresos .....	39
4.1.4. Costos o Egresos .....	41
4.1.5. Resumen de costos .....	44
4.1.6. Utilidades .....	45
4.1.7. Sistema Mecanizado Propuesto.....	46
4.1.8. Flujo de Caja Sistema con Riel .....	54
4.1.9. Flujo de caja Sistema Mecanizado .....	57
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	59
4.2.1. Análisis e interpretación de resultados.....	59
4.3. Prueba de hipótesis.....	60
4.4. Discusión de resultados.....	61
4.4.1. Resultados del proceso desarrollado 1 .....	61

### **CONCLUSIONES**

### **RECOMENDACIONES**

### **REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Reservas Geológicas.....	8
<b>Tabla 2.</b> <i>Operacionalización de Variables</i> .....	26
<b>Tabla 3.</b> <i>Producción de oro actual y estimado para el sistema con riel.</i> .....	37
<b>Tabla 4.</b> <i>Producción de oro sistema de riel</i> .....	37
<b>Tabla 5.</b> <i>Producción de plata actual y estimada para el sistema con riel</i> .....	38
<b>Tabla 6.</b> <i>Producción de plata estimada para el sistema con riel</i> .....	38
<b>Tabla 7.</b> <i>Ingreso por Oro y Plata Estimado Anualmente.</i> .....	41
<b>Tabla 8.</b> <i>Costo material Sistema con Riel. Minera MARSA S.A.</i> .....	41
<b>Tabla 9.</b> <i>Costo Herramienta Perforación</i> .....	43
<b>Tabla 10.</b> <i>Costo de Implementos de Personal</i> .....	43
<b>Tabla 11.</b> <i>Costo de bombeo de agua</i> .....	44
<b>Tabla 12.</b> <i>Costo de personal</i> .....	44
<b>Tabla 13.</b> <i>Resumen de costos</i> .....	44
<b>Tabla 14.</b> <i>Costos Estimados Anuales Sistema de riel</i> .....	45
<b>Tabla 15.</b> <i>Producción de oro estimado para el sistema Mecanizado</i> .....	47
<b>Tabla 16.</b> <i>Producción de Oro Sistema Mecanizado</i> .....	48
<b>Tabla 17.</b> <i>Producción de plata estimado para el sistema Mecanizado.</i> .....	48
<b>Tabla 18.</b> <i>Producción de Plata estimada para el Sistema Mecanizado</i> .....	49
<b>Tabla 19.</b> <i>Ingresos por Producción de Oro y Plata.</i> .....	49
<b>Tabla 20.</b> <i>Costo material Sistema Mecanizado – MARSA</i> .....	50
<b>Tabla 21.</b> <i>Costo de maquinaria.</i> .....	51
<b>Tabla 22.</b> <i>Costo de implementos de personal</i> .....	51
<b>Tabla 23.</b> <i>Costo de bombeo de agua</i> .....	51
<b>Tabla 24.</b> <i>Costo de combustible</i> .....	52

<b>Tabla 25.</b> <i>Costo de mantenimiento.</i> .....	52
<b>Tabla 26.</b> <i>Costo de personal</i> .....	52
<b>Tabla 27.</b> <i>Resumen de Costos Sistema Mecanizado</i> .....	53
<b>Tabla 28.</b> <i>Costos estimados Anuales Sistema Mecanizado</i> .....	54
<b>Tabla 29.</b> <i>Resumen del Presupuesto</i> .....	54
<b>Tabla 30.</b> <i>Diferencia de ingresos y egresos</i> .....	55
<b>Tabla 31.</b> <i>Diferencia de Ingresos y Egresos</i> .....	57
<b>Tabla 32.</b> <i>Resumen de cálculo de indicadores</i> .....	58
<b>Tabla 33.</b> <i>Producción de Oro y Plata Pronosticada con Sistema Riel</i> .....	59
<b>Tabla 34.</b> <i>Producción de Oro y Plata Pronosticada con Sistema Mecanizado</i> .....	60
<b>Tabla 35.</b> <i>Diferencia de Producción de Oro y Plata Sistema Mecanizado y Riel</i> .....	60

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Ubicación Satelital de MARSA.....	3
<b>Ilustración 2.</b> <i>Procesos implicados en la concentración.</i> .....	33

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

La Compañía Minera Marsa, que opera en minería subterránea, como cualquier empresa minera requiere de un incremento en su producción para asegurar la continuidad de la explotación minera. Explotar oro y plata las cuales extrae de sus 06 tajos, siendo los tajos en la unidad minera San Andrés específicamente en la zona de inclinados en la veta BB.

Existen en la explotación diversos métodos de extracción minera subterránea o de socavón, dos de ellos son la explotación utilizando rieles con carros mineros, para el transporte de mineral, esto es la realidad actual del área de estudio de la presente investigación, el otro método es el sistema mecanizado, es decir sin rieles.

En la explotación con rieles se utiliza mayor mano de obra y menor tecnología, razón por la cual es menos costosa; con el sistema mecanizado se podría obtener mayor producción, pero es más costosa y además exige mayor conocimiento tecnológico por parte de los trabajadores (Estudio Mineros del

Perú SA., 2010). El sistema actual de producción con rieles genera los siguientes problemas:

- Mayor uso de mano de obra
- Mayor esfuerzo de trabajo y agotamiento del personal minero
- Mayores riesgos de accidentes
- Menor producción o productividad y menor utilidad o rentabilidad para la empresa. Incumplimiento con los pedidos de producción de oro y plata por las empresas importadoras internacionales.

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

### **1.2.1. Ubicación**

La compañía minera MARSÁ está situada en el distrito de Parcoy, que forma parte de la provincia de Patate, en el departamento de La Libertad; su localización se encuentra a una distancia aproximada de 41 kilómetros. a 3,950 metros sobre el nivel del mar o en la ciudad de Trujillo.

### **1.2.2. Accesibilidad**

El acceso a MARSÁ se puede realizar de las formas siguientes.

#### **Por vía Terrestre:**

Lima-Trujillo : 562 Km. Carretera asfaltada.

Trujillo-Chirán: 34 Km. Carretera asfaltada

Chirán-Chagual : 307 Km.

Trocha Carrozable Chagual-Mina : 70 Km. Trocha Carrozable

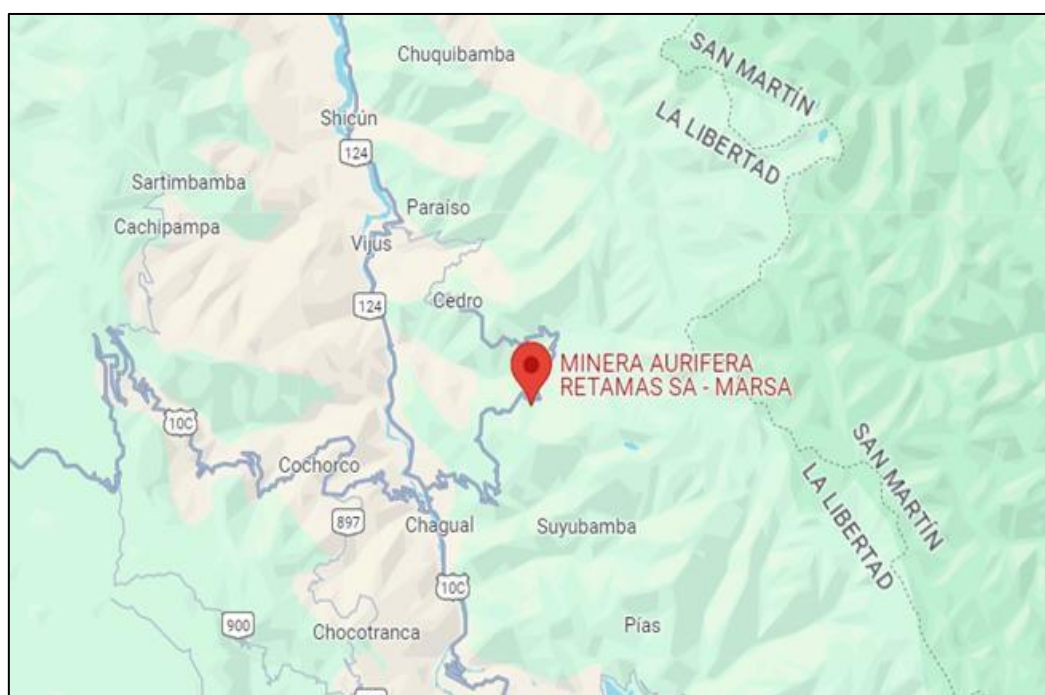
#### **Por vía Aérea:**

Lima-Pías : Aprox. 1: 10'

Vuelo Chárter Trujillo-Pías : Aprox. 35' Vuelo Chárter



### **Ilustración 1. Ubicación Satelital de MARSA**



*Fuente: Geo Map.*

#### **1.2.3. Geología Regional**

La región aurífera de Parcoy, Buldibuyo y Gigante (distrito minero) está conectada a una faja de rocas intrusivas llamada "Batolito de Pataz", que atraviesan pizarras, esquistos, filitas y rocas volcánicas del Complejo del Maraón. El Batolito de Pataz tiene una extensión de unos 50 kilómetros. entre Vijos al norte y Buldibuyo al sur, con una media de 2,5 km de ancho; por el noreste, con el Complejo del Maraón y las lavasen volcánicas; y por el suroeste, con las rocas sedimentarias paleozoicas del grupo Mitú. En el distrito minero, las áreas de fracturas y fallas existentes dentro del intrusivo han servido como vías para que los mineralizantes hidrotermales fluyan, quedando soluciones atrapadas en los mecanismos estructurales y formando vetas. Después, estas vetas han sido algunas veces a más de dos procesos tectónicos; esto las hace tener un comportamiento estructural y una continuidad muy irregulares. El sistema principal de meta es lenticular, como resultado del

relleno con soluciones mineralizantes a lo largo de los espacios vacíos en las fisuras y fallas (MARSA, 2015).

#### **1.2.4. Geología Local**

La mayor parte de la región llamada El Gigante se encuentra cubierta por depósitos cuaternarios, donde las estructuras mineralizadas y las rocas tienen poca exposición. Por debajo de estas, se ubica el Intrusivo de Pataz, que es félsico (granito, granodiorita) o mafélsico (tonalita, diorita); Las vetas de oro se alojan en este intrusivo. En el noreste, cerca del campamento San Andrés, se encuentran rocas metamórficas del Complejo del Maraón. En el suroeste, en el Tambo, aparecen sedimentos de areniscas y limolitas volcánicas (capas rojas) (MARSA, 2015).

Rocas intrusivas: El intrusivo está constituido por 2 facies plutónicas:

**Primera.** Microdiorita - diorita; son las rocas más propicias para depositar las soluciones mineralizantes; en ellas se ubican la mayoría y las estructuras mineralizadas más importantes, que actualmente están siendo exploradas y explotadas.

**Segunda.** Granodiorita - granito, son poco propicias para la creación de estructuras mineralizadas, con vetas delgadas y ramificadas (Stockwork) (MARSA, 2015).

Rocas metamórficas: Representadas por el Complejo del Maraón, compuesto de pizarras oscuras y filitas grisáceas, entremezcladas con capas pequeñas de esquistos cloritizados. Se encuentran en la parte sureste del "Batolito de Pataz", específicamente en las quebradas Ventanas, Mushmush, Molinetes, los Loros y San Vicente. Estos presentan pliegues, fallas o alteraciones causadas por múltiples sucesos de metamorfismo ígneo y dinámico.

Junto a estas fallas se manifiestan algunas estructuras auríferas que son parecidas o distintas a las estructuras ubicadas en el intrusivo.

**Rocas Sedimentarias:** Integrada por la serie sedimentaria del Paleozoico y Mesozoico que sale a la superficie al suroeste del "Batolito de Pataz", (que corresponde a nuestra área de interés). Esta secuencia se compone de la unidad sedimentaria volcánica, que incluye conglomerados, microconglomerados, limolitas, areniscas, brechas (aglomerados de riolitas dacitas) y tobas riolíticas (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2015).

### **1.2.5. Geología Estructural**

Estructuralmente los rasgos observados en las rocas intrusivas y metamórficas son los siguientes (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2015):

**Los Fracturamientos:** Como resultado de diversos eventos tectónicos, se encuentran a menudo en las rocas intrusivas del complejo Maraón. Estos siguieron un patrón estructural que provenía de la dirección de los esfuerzos tectónicos. Estos se manifiestan formando sistemas de fracturas locales, que pueden ser paralelos a las tensiones de compresión y comportarse como micro fallas. La mayoría de las vetas aparecen agrietadas o fracturadas (MARSA, 2015).

**Los Plegamientos:** Tres sistemas de La falla principal se han diferenciado en la región, que se encuentra perturbada. En las formaciones sedimentarias y metamórficas, los fallamientos son mucho más complejos. Diagonales, transversales y longitudinales.

**Sistema de Vetas:** Dentro del sistema NW - SE (Esperariza, Yanaracra Sur, Gigante, Cabana, Garfio, entre otros) y el N - S (Yanaracra 1, Yanaracra 2, Cachaco

Las Torres, Cabana 2H), se encuentran dos sistemas emplazados en el Intrusivo de Pataz. El primero tiene una potencia que varía entre 0,50m y 3,00m; Mientras que el segundo forma estructuras tensionales del primero con una potencia de entre 0.20m y 3.00m. Las vetas del Sistema NW-SE tienen una dirección de N 20° - 50°W y un buzamiento de 10° a 40° NE; la veta Garfio está entre 55° y 70° NE. Según el Manual de Minería (2010), los cambios en la dirección y el buzamiento son producto de las presiones compresionales y tensionales, que provocaron fallamientos y plegamientos; (MA RSA, 2015).

**Zona BB:** La estructura mineralizada del Sistema Esperanza, situada en el piso, tiene un rumbo de N 10°E a NS y una inclinación de 25°a 79°. En términos mineralógicos, está formada por cuarzo lechoso y pirita; en menor cantidad también incluye esfalerita y galena ocasionalmente. Su potencia media es de 1.50 m y tiene una transformación hidrotermal silicificación (Cuarzo - Pirita - Sericita). La veta Cabana 2H, en el Nivel 3075, es la ubicación del área de estudio (MARSA, 2015).

**Veta Cabana 2H:** En el fondo del yacimiento Esperanza se encuentra la estructura mineralizada del sistema Esperanza; su rumbo es de N 10°E a NS, con una inclinación de entre 25° y 40°. Está compuesto principalmente por pirita y cuarzo lechoso, además de esfalerita en menor cantidad y galena ocasionalmente. Su potencia media es de 0.70 m y muestra una alteración hidrotermal de silicificación (Cuarzo-Pirita-Sericita).

La presencia de pequeños clavos económicos, que pueden extenderse hasta 100 metros, es un rasgo distintivo de la veta (MARSA, 2015).

#### **1.2.6. Geología Económica**

Las estructuras mineralizadas aparecen cuando el mineral de mena se acumula en potencias altamente variables. La pirita aurífera es el principal mineral de mena y suele venir acompañada con arsenopirita, galena, marmatita-esfalerita en cantidades menores. Otro mineral que consideramos como mena es el cuarzo porque contiene oro libre. El mineral primario guía para las exploraciones es el cuarzo lechoso, acompañado por arsenopirita y pirita. Cuando se encuentran la esfalerita, galena o marmatita en conjunto con la pirita, suele ser señal de que las leyes de oro aumentan (Manual de Minería, 2010).

Los sulfuros pueden llenar huecos de cuarzo o aparecer en cajas como disseminaciones e hilos remanentes. En estos filones de sulfuros, el oro está fuertemente vinculado a la pirita y menos a la arsenopirita. Por otro lado, en los filones de óxidos, el oro se encuentra libre, pero también unido a la pirita y arsenopirita en forma de nódulos dentro de los óxidos.

La presencia de múltiples "lazos cimoides" es una característica estructural fundamental que demuestra el sistema principal de la veta. Estos presentan longitudes que oscilan entre 15 y 150 metros, así como potencias de entre 0,8 y 12 metros. Según el Manual de Minería (2010), la mineralización se localiza en filones de cuarzo con sulfuros, y está asociada a minerales como marmatita, pinta, arsenopirita y galena.

#### **Reservas geológicas**

En la siguiente tabla se observa las reservas de mineral de toda la mina.

**Tabla 1. Reservas Geológicas**

<b>AÑO</b>	<b>TONELAJE</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>LEY DE VETAS gr / TMS</b>	<b>PRECIO US\$/ONZA</b>
<b>2019</b>	600,000.0	0.80	12.70	550.0
2020	450,000.0	0.77	14.80	650.0
<b>2021</b>	950,000.0	0.87	12.00	870.0
<b>2022</b>	1400,000.0	0.90	11.70	900.0
2023	1800,000.0	1.10	11.20	1 100.0

*Fuente: Departamento de Geología.*

### **1.3. Formulación del Problema**

#### **1.3.1. Problema general**

¿Se podrá efectuar la Implementación de Equipos Mecanizados para Incrementar la Producción en la Compañía Minera MARSA?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

- a) ¿Se podrá determinar las características de los equipos mecanizados para incrementar la producción de la Compañía Minera MARSA?
- b) ¿Se podrá analizar la factibilidad de implementar los equipos mecanizados para mejorar la productividad de la Compañía Minera MARSA?

### **1.4. Formulación de Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Efectuar la Implementación de Equipos Mecanizados para Incrementar la Producción en la Compañía Minera MARSA.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- c) Determinar las características de los equipos mecanizados para incrementar la producción de la Compañía Minera MARSA.
- d) Analizar la factibilidad de implementar los equipos mecanizados para mejorar la productividad de la Compañía Minera MARSA.

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

Con el proyecto de investigación la compañía Minera MARSA, dispondrá de un nuevo sistema mecanizado de producción minera, en ese sentido todas las zonas de la mina dispondrán de este moderno método de extracción minera.

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

La investigación se limita al estudio y análisis de implementación de los equipos mecanizados, así como la selección de los equipos a implementar. El trabajo se realizó en la Minera MARSA., contando con el apoyo de todas las Gerencia de la Empresa. Es así como se analizaron los procesos de las operaciones durante los meses de julio a diciembre.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

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

- **(Suarez S., 2023)**; de la Pontificia Universidad Católica del Perú, presentó la tesis “Implementación de la gestión de los equipos mineros en pequeña y mediana minería para la mejora de su productividad”. Se notaron las numerosas actividades realizadas por los equipos de minería en sus tareas cotidianas y la ausencia de un registro diario de estas, que impide conocer el estado del rendimiento de los equipos. Siendo estas acciones tareas productivas, las detenciones por demoras o las detenciones para mantenimiento. Pudiendo ser estas detenciones planificadas o No. Por lo tanto, se contempla la implementación de un sistema para "Gestión de los Equipos Mineros para reducir las demoras operativas no programadas". Este sistema se lleva a cabo mediante registros diarios y escritos



de los equipos mineros más importantes que están directamente vinculados con la producción de mineral diario. No contar con un modelo cronológico de las actividades cotidianas de los equipos mineros facilita la comprensión de los indicadores (KPI) y los niveles de productividad. Es difícil definir objetivos claros, concretos y basados en cálculos sin dicha información. Para Establecer un control y dirigir los objetivos, se sugiere que la información diaria sea registrada en bases de datos. Lo que permite hacer los cálculos de los indicadores (KPIs) y los rangos de productividad, que posibilitarán centrarse en trabajar con eficacia, eficiencia y efectividad. Al Ofrecer información abundante sobre las operaciones mineras, el registro de datos y la medición de indicadores (KPIs) y niveles de productividad que nos facilitarán la formulación de y planes para llevar a cabo medidas proactivas que disminuyan los periodos improductivos y permitan la elaboración de presupuestos basados en estos valores. disminuyan los periodos improductivos permitan la elaboración de presupuestos basados en estos valores. Con objetivos consistentes y bien fundamentados, se podrá implementar un plan de mejora constante que posibilitará un desarrollo sostenido a medio y largo plazo.

- **(Meza S., 2023)**, de la Universidad Nacional del Centro del Peru, desarrolla la tesis “Implementación de un plan de minado para mejorar las condiciones de operación en la mina Santander “. La Finalidad general fue: Explicar cómo la aplicación del Plan de Minado mejorará las condiciones operativas en la Mina Santander. En la metodología, por otro lado, se indicó que el

estudio es básico, aplicado y explicativo. Utilizando el método inductivo-deductivo y el científico. La muestra y la población incluyeron, de igual modo, a 85 trabajadores de la mina Santander, situados en el departamento de Lima, provincia de Huaral. Los resultados encuentran que, la puesta en marcha del Plan de Minado optimizará las condiciones operativas en la Mina Santander a través de la evaluación geotécnica, el análisis del macizo rocoso y la Incorporación de maquinaria. En resumen, se observó que la puesta en marcha del Plan de Minado tuvo un efecto positivo en la explotación de la Mina Santander, puesto que se esperaba una mejoría en las condiciones operativas. Esta medida fue una solución eficaz para resolver ciertos problemas de operación en la mina y, por lo tanto, habría mejorado la productividad y eficiencia. También habría sido esencial continuar con la evaluación y el monitoreo de la aplicación del plan para asegurar que las condiciones mejoren constantemente.

#### **b) Antecedentes Internacionales**

- **(Dashavska O., 2021)**, de la Universidad de Chile, sustenta su tesis “Impacto económico de la implementación de equipos robóticos y teleoperados en la minería a cielo abierto”. Esta investigación analiza el efecto económico que tiene la introducción de equipos robóticos y teleoperados en la minería a cielo abierto. La investigación se lleva a cabo en tres situaciones distintas: la introducción de tecnología robótica para camiones destinados a la minería, la robotización del ferrocarril y la automatización de las plataformas de perforación. La

hipótesis inicial de esta investigación es que, mediante el reequipamiento técnico de la flota de camiones para la mina seleccionada en este análisis, existen diversas fuentes potenciales de impacto técnico que permitirán incrementar la productividad y disminuir los costos. El primer capítulo incluye un marco teórico con los conceptos que se requieren para comprender el desarrollo de la tesis. Se propusieron como objetivos principales: determinar los factores más importantes para incrementar la eficacia de las operaciones mineras a través de la implementación de equipos autónomos; plantear un método para calcular cómo afecta económicamente el empleo de sistemas robóticos en minas a cielo abierto; y cotejar los indicadores económicos del método remoto con los del método estándar de operación. El segundo capítulo expone el análisis de las tecnologías de control manual, sistemas semiautónomos y autónomos en el mercado, incluyendo una comparación entre las tecnologías autónomas más relevantes en el mercado y sus costos aproximados. La información general acerca del complejo minero de materias primas de mineral de hierro se presenta en el capítulo tres. La Metodología de diagnóstico que se utiliza para el análisis del caso se explica. Se señalan los datos que se han empleado como entradas para llevar a cabo el análisis, así como los límites establecidos para la integración del sistema autónomo. En el cuarto capítulo, se examinan las partes del sistema autónomo que se han puesto en marcha. Luego, en el quinto capítulo, se determinan los indicadores impulsores previstos de la eficiencia económica de la aplicación de sistemas

autónomos para los casos analizados y se valoran los costos esperados (capítulo seis). Finalmente, se adquieren los valores calculados de los indicadores del impacto económico para analizar el sistema autónomo implementado (capítulo siete). Para este análisis, se utiliza el método Montecarlo (capítulo ocho), que posibilita la obtención de los resultados finales y la exposición de las conclusiones correspondientes a tres casos analizados.

- **(Oropeza J., 2008)**, de la Universidad Tecnológica de Monterrey, sustenta su tesis “Implementación de Equipos de Alto Desempeño y su Impacto en la Productividad de una Empresa-Edición Única“. número creciente de organizaciones, los equipos son la unidad principal de rendimiento (Katzebach, 1996). empresas más grandes de México han implementado sus sistemas administrativos basados en el trabajo en equipo, y numerosas compañías mexicanas han considerado estas estrategias como una posible respuesta a su problema de competitividad (Nicholls, 1999). Esta tesis de investigación propone un esquema para implementar equipos de alto rendimiento, a través del cual se pueden obtener resultados que aumentan la productividad, tal como se demuestra en el análisis desarrollado en la investigación. Este beneficio es una evidencia de la mejora incesante que se puede conseguir. No obstante, el modelo propuesto obtendrá los beneficios previstos simplemente con su implementación. También hay varios factores que contribuyen al éxito de los Equipos de Alto Desempeño. Estos factores se presentan y se ofrece una perspectiva sobre las observaciones hechas a lo largo de este trabajo de investigación. El propósito fundamental de esta tesis es destacar el valor del capital

humano y el potencial que cada uno posee al colaborar en conjunto y alineados con objetivos, además de estar comprometidos por motivación positiva para alcanzar las metas empresariales, de tal forma que tanto la organización como el capital humano se benefician mutuamente.

## **2.2. Bases teóricas - científicas.**

### **2.2.1. Enfoque de la Evaluación**

Para analizar un método de extracción, es imprescindible establecer con claridad las condiciones naturales del yacimiento. En otras palabras:

- La geología del yacimiento
- La morfología de la mineralización
- Las reservas y distribución de leyes
- Las condiciones geomecánicas de las rocas del yacimiento
- Las condiciones hidrogeológicas del mismo.

El método (o métodos) de extracción deben estar alineados con todas estas condiciones naturales del yacimiento para que el proceso de minado sea técnicamente viable. Volcán debe agregar a la factibilidad técnica un análisis económico del método (o métodos) de extracción, con el fin de garantizar una viabilidad óptima técnica- económica.

En este contexto, es necesario determinar cada una de las condiciones naturales del yacimiento, donde los aspectos geomecánicos desempeñarán un papel primordial desde el punto de vista técnico. Volcán proporcionó la información fundamental relacionada con la geología, la morfología de la mineralización, las reservas y la distribución de leyes, así como los datos hidrogeológicos del yacimiento como resultado de las labores efectuadas en el

marco de la operación minera. Esta información fundamental fue la empleada para llevar a cabo la evaluación.

En cuanto a la evaluación geomecánica del yacimiento, en una fase inicial, el enfoque de los trabajos fue realizar estudios básicos para conseguir la información requerida. Esto posibilitó la evaluación de los principales factores que regulan la estabilidad y, por lo tanto, calcular los parámetros geomecánicos fundamentales.

En una segunda fase, se incorporaron los datos recopilados durante las investigaciones fundamentales para analizar la estabilidad de las excavaciones relacionadas con el minado.

Se evaluaron las técnicas de minería y se dimensionaron los distintos elementos estructurales vinculados con la minería, calculando en los resultados obtenidos en las dos fases anteriores. Finalmente, se propusieron estrategias de minería.

### **2.2.2. Aspectos Técnicos**

Los aspectos técnicos materia de la presente evaluación fueron los siguientes:

#### **Investigaciones básicas:**

- Las condiciones naturales del yacimiento, calculando en los datos suministrados y elaborados por Volcán.
- Se describió la masa rocosa del yacimiento utilizando el análisis y la revisión de los datos disponibles, así como el mapeo geomecánico de la masa rocosa en los trabajos subterráneos de Mina Carahuacra. Para esto, se han empleado las normas propuestas por la ISRM (International Society for Rock Mechanics).

- Se examinaron las características físico-mecánicas de la roca intacta, de los discontinuos y de la masa rocosa, usando métodos alternativos establecidos por el ISRM.
- Para establecer las características físico-mecánicas de la roca, se utilizaron los siguientes métodos: realización de pruebas en laboratorio, aplicación de ensayos con el martillo Schmidt, ejecución de ensayos con el martillo geólogo y empleo del criterio de Hoek & Brown (1990, 2006) para calcular los parámetros de resistencia tanto de la masa rocosa como de la roca intacta.
- La calidad de la masa rocosa que se encuentra en el área evaluada fue determinada usando criterios de clasificación geomecánica, entre los que se incluyen los de Hoek & Marinos (2000), Barton (1974) y Bieniawski (1989).
- Se realizó una zonificación geomecánica del yacimiento para establecer los dominios estructurales a partir de la información adquirida en las etapas anteriores.
- Se utilizó toda la información que se encontró disponible de las fuentes mencionadas antes.
- Se examina la influencia de factores adicionales, inherentes al yacimiento, como el agua y los esfuerzos, en las condiciones de estabilidad de las operaciones mineras subterráneas.

#### **Evaluación de las condiciones de estabilidad de las excavaciones:**

- Se examinaron las condiciones de estabilidad de la masa rocosa en las excavaciones: el sentido preferido de avance, la apertura máxima, los periodos de auto sostén y cómo afectan a la estabilidad

las discontinuidades estructurales y los esfuerzos.

- La estabilidad de las excavaciones y cualquier otro elemento relacionado con la extracción se examinaron utilizando modelamientos numéricos basados en los mecanismos de posible falla del terreno.
- Todos los parámetros fijados y las conclusiones alcanzadas cuentan con el respaldo técnico correspondiente, que serán presentados en este trabajo de investigación.

### **Evaluación de los métodos de minado**

- Junto con el equipo de Planeamiento y Diseño, se evaluaron los métodos de extracción utilizando la información previamente desarrollada.

### **Dimensionamiento y estrategias de minado:**

- Para cada método alternativo, se dimensionaron sus diversos componentes estructurales asociados, de acuerdo con el método o las alternativas de métodos de minería que se evaluaron.
- Se determine el emplazamiento de las excavaciones más relevantes para el acceso y los servicios permanentes.
- Se calcularon los patrones y las secuencias del progreso de la minería para maximizar la recuperación de reservas y obtener condiciones apropiadas de estabilidad tanto local como global.
- Se examinaron las necesidades para mantener el trabajo minero y se determinaron los componentes de soporte más apropiados para las condiciones geomecánicas encontradas.
- Se examinaron las demandas de material de relleno que se usarían en



la extracción minera del yacimiento.

- Por lo general, se ofrecen sugerencias sobre los métodos de supervisión de la estabilidad de las excavaciones relacionadas con la minería para que sean seguras y efectivas.

### **2.3. Definición de términos básicos**

#### **Apertura:**

El espacio entre las paredes de roca de una discontinuidad, o lo abierto que está esta última. condiciones de la masa rocosa mejorarán; en cambio, a mayor apertura, las condiciones serán menos favorables.

#### **Buzamiento (DIP):**

Se refiere al ángulo entre la veta, el manto o el estrato y la horizontal, que se calcula en un plano vertical.

#### **Caballo:**

Se trata de la región estéril de gran tamaño que se encuentra dentro de la veta, normalmente compuesta por el mismo material que las rocas encajonantes.

#### **Caja Piso:**

La roca que está por debajo del filón.

#### **Caja Techo:**

La roca que se encuentra en la parte superior de un filón inclinado.

#### **Constituyentes esenciales de los criaderos son:**

Los estériles, la Ganga y la Mena.

#### **Contactos litológicos:**

Que normalmente conforman, por ejemplo, la caja de la parte superior y la caja de la parte inferior de una veta.

### **Criadero, Yacimiento o Depósito Mineral:**

La corteza terrestre donde se generan o han sido generadas, debido a procesos geológicos, sustancias minerales que pueden ser aprovechadas con beneficio económico utilizando los recursos técnicos disponibles.

### **Cuerpo (ORE BODY):**

Se trata de depósitos minerales, voluminosos e irregulares, sin una forma o tamaño determinado.

### **Depósitos primarios y secundarios.**

Los primeros están vinculados con el proceso de formación inicial de las rocas. Los segundos se crean a partir de la modificación de los primeros y, en términos generales, tienden a dar lugar a nuevos minerales.

### **Desmonte:**

Cualquier material estéril que no tenga valor económico.

### **Diaclasas:**

Los conocen como juntas; son fracturas que no han sufrido desplazamiento y son las aparecen normalmente en la masa rocosa.

### **Diseminaciones.**

Se trata de depósitos mineralizados en los que los granos minerales están esparcidos dentro de la masa rocosa.

### **Espaciado:**

La distancia perpendicular entre discontinuidades contiguas. volumen de los bloques de roca sin alterar. los bloques serán más pequeños si están menos espaciados y más grandes si están más espaciados.

**Estratificación:**

Una superficie distintiva de rocas sedimentarias que dividen estratos con la misma o distinta litología. han formado a partir de la transformación de rocas sedimentaria.

**Explotación.**

Un proceso de extracción con el objetivo de obtener mineral económico, empleando distintos procedimientos de explotación para luego ser tratado en la planta concentradora.

**Fallas:**

Son fracturas de menor importancia que se encuentran en zonas locales de la mina o en estructuras muy relevantes que pueden extenderse a lo largo de toda la mina.

**Ganga:**

Mineral que no tiene valor, pero está vinculado a la sección con buena ley. El concepto es relativo, ya que cambia dependiendo de la cotización, el tiempo y la ley del mineral.

**Hilos:**

Vetillas de mineral muy delgadas que se cruzan entre sí.

**Investigaciones Geotécnicas:**

Se trata de un programa de investigaciones geotécnicas que utilizan perforaciones diamantinas para adquirir parámetros y propiedades hidrogeológicas de los materiales localizados en el área estudiada.

**Lentes:**

El depósito que tiene una forma lenticular y cuya potencia se reduce hacia su alrededor. longitud de decenas de metros.

**Mantos:**

Presenta un cuerpo mineralizado de forma tabular, que suele estar en una posición horizontal o ligeramente inclinado (menos de 30°), y con una potencia relativamente alta.

**Masa Rocosa:**

El ambiente in situ que incluye diversas clases de discontinuidades, como las diaclasas, los estratos, las fallas y otros atributos estructurales.

**Matriz rocosa:**

Mano o mayor que consiste en material rocoso sin discontinuidades, o bloques de roca completa entre estas. relacionado con la fábrica, la textura y la estructura mineral.

**Mena:**

Sección más valiosa del mineral, que permite la obtención de uno o más metales de manera económica.

**Mineral:**

Forma parte de la corteza terrestre, tiene un valor económico y está compuesta por dos elementos: ganga y la mena. una materia inorgánica.

**Minería:**

La industria encargada de encontrar, extraer, tratar y comercializar las rocas minerales que tienen un rendimiento económico.

**Orientación:**

La ubicación de la discontinuidad en el espacio, que se describe mediante su rumbo y buzamiento. conjunto de discontinuidades se manifiestan con una orientación parecida, se dice que constituyen un "sistema" o una "familia" de discontinuidades.

**Perfil geotectónico:**

Conjunto de actividades que incluye la investigación del subsuelo, así como el análisis y las recomendaciones para proyectar y edificar en él.

**Perfil litológico:**

Trata del segmento de la geología que analiza cómo están formadas las rocas y cuál es su composición, como la estructura metamórfica, el tamaño de grano y las propiedades físicas y químicas. transporte que utiliza, la disposición de los minerales y el material cementante.

**Perforación:**

Es la primera operación en la preparación de una voladura. Finalidad es crear en la cavidades cilíndricas llamadas taladros, que se utilizan para contener el explosivo y sus componentes iniciadores.

**Persistencia:**

La amplitud o tamaño de una discontinuidad. la estabilidad de la masa rocosa es inversamente proporcional a su persistencia; es decir, la menor persistencia significa mayor estabilidad.

**Pliegues:**

Las que los estratos aparecen curvados, y son intrusiones tabulares de roca ígnea que suelen ser verticales o escarpadas.

**Potencia:**

El grosor del ancho de un yacimiento mineralizado se mide en dirección perpendicular a las cajas.

**Productividad:**

La relación entre la cantidad de bienes y servicios que se producen y la cantidad de recursos empleados.

**Relleno:**

Aquellos materiales que se encuentran dentro de la discontinuidad. masa rocosa es menos competente cuando los materiales son suaves y más competente cuando son más duros.

**Roca intacta:**

El bloque situado entre las discontinuidades y podría ser representado por una muestra de mano o un fragmento de testigo que se emplea para ensayos en laboratorio.

**Roca meteorizada:**

Minerales y las rocas se ponen en contacto con la atmósfera, la biosfera y la hidrósfera, se descomponen. Esto sucede sobre o cerca de la superficie terrestre.

**Rugosidad:**

Medida que disminuye la rugosidad de una discontinuidad, la masa rocosa es menos competente; por el contrario, cuando la rugosidad aumenta, la competencia de la masa rocosa crece.

**Rumbo (STRIKE):**

Se refiere a la dirección de la veta, capa o manto inclinado en comparación con el norte magnético; se mide en un plano horizontal.

### **Veta o Filón.**

Diminutas hendiduras de la corteza terrestre que están colmadas con minerales, las cuales normalmente tienen una inclinación superior a 30° y un desarrollo uniforme en ancho, profundidad y longitud.

### **Yacimiento de Mineral:**

Por uno o más minerales que incluyen materiales metálicos útiles, sin importar su tamaño o la configuración de la totalidad.

### **Zonas de corte:**

Bandas de material que pueden tener varios metros de ancho, en las que se ha producido un fallo de la roca.

### **Zonificación geomecánica:**

Las que la masa rocosa presenta condiciones geomecánicas similares y, por ende, también un comportamiento parecido.

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

Si efectuamos la Implementación de Equipos Mecanizados se Incrementará la Producción en la Compañía Minera MARSA.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- a) Si determinamos las características de los equipos mecanizados podremos incrementar la producción de la Compañía Minera MARSA.
- b) Si analizamos la factibilidad de implementar los equipos mecanizados mejoraremos la productividad de la Compañía Minera MARSA.

## 2.5. Identificación de las variables

### 2.5.1. Variable Independiente:

X: Implementación de Equipos Mecanizados en la Compañía Minera MARSA.

### 2.5.2. Variable Dependiente:

Y: Incrementar la Producción en la Compañía Minera MARSA.

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

**Tabla 2.** Operacionalización de Variables

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Implementación de Equipos Mecanizados en la Compañía Minera	Con la implementación de los equipos mecanizados la compañía Minera MARSA, dispondrá de un nuevo sistema mecanizado de producción minera, en ese sentido todas las zonas de la mina dispondrán de este moderno método de extracción minera.	Planificación Minera  Sistematización de las Operaciones  Operaciones Mineras	Perforación y Voladura  Extracción Rieles  Equipos Mecanizados
VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Incrementar la Producción en la Compañía Minera	La Compañía Minera Marsa, que opera en minería subterránea, como cualquier empresa minera requiere de un incremento en su producción para asegurar la continuidad de la explotación minera. Explotar oro y plata las cuales extrae de sus 06 tajos, siendo los tajos en la unidad minera San Andrés específicamente en la zona de inclinados en la veta BB.	Compañía Minera MARSA	Ciclo de Minado  Extracción  Producción

*Fuente: Elaboración Propia*



### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1. Tipo de investigación**

- Basado en la implementación de Equipos Mecanizados y sistematización de las operaciones tenemos una investigación cuantitativa.
- Aplicada: En el proceso de sistematización de las operaciones de la mina MARSA, y teniendo como objetivo el incremento de la producción.
- Experimental: Por el análisis realizado para la factibilidad de la implementación de equipos mecanizados a la mina..
- Documental: Por los informes obtenidos y generados durante la investigación.
- De campo y de laboratorio: Por los resultados obtenidos en los trabajos de campo para sistematizar las operaciones de la mina.

##### **3.2. Nivel de investigación**

Aplicada

### **3.3. Métodos de investigación.**

El Enfoque en las características de los equipos a implementar para las operaciones mineras.

- Detalles de la sistematización de las operaciones de la mina, para lograr incrementar la producción.

### **3.4. Diseño de Investigación**

- El diseño corresponde a la investigación cuantitativa, descriptiva y correlacional, lo cual determina el diseño adecuado para la Sistematización de la Mina MARSA.

### **3.5. Población y muestras**

#### **3.5.1. Población**

La población viene a ser todas las áreas que serán diseñadas para la Implementación del Sistema Mecanizado en la Compañía Minera MARSA, está representada por los parámetros geológicos, geotécnicos obtenidos en la zona establecidas para las operaciones con los equipos seleccionados para implementación.

#### **3.5.2. Muestra**

La muestra fue considerada dentro de la Minera MARSA, en la Zona de Inclinaos, lugar de la aplicación del Sistema Mecanizado, tomando como datos de referencia la reserva y leyes del mineral.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Técnicas**

##### **Descripción de las técnicas empleadas**

- Selección y análisis de datos

Los datos e informaciones fueron obtenidos mediante la observación de los procesos de explotación minera en la zona de estudio.

- **Observación directa y toma de datos**

Se efectuaron el análisis de cada uno de los procesos, tanto de las maquinarias utilizadas, así como de los tiempos, costos y utilidades.

- **Búsqueda de Información Bibliográfica**

Se tomaron referencias de los estudios estadísticos relacionados con la actividad minera realizada en oro y plata; síntesis de los datos e información requerida para dar la conformidad de nuestro proceso.

**3.6.2. Instrumentos de recolección de datos**

**Materiales**

- Planos topográficos.
- Mapeos geomecánicas para la obtención de los parámetros técnicos.
- Informes Geológica – Geomecánica.
- Reporte de procesos realizados.
- Informe de la Mina.
- Libreta de campo.

**3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.**

Los datos obtenidos mediante la observación, análisis y síntesis fueron verificados, registrados y almacenado par ser analizados para su aplicacion. Algunos de estos sirvieron para determinar cálculos de fórmulas, tablas, cálculos estadísticos y financieros.

### **3.8. Tratamiento estadístico**

Los datos e información fueron llenados a una hoja electrónica de Microsoft Excel, sin alteraciones subjetivas con la finalidad de garantizar que los resultados sean reales y que reflejen la realidad objetiva del presente estudio.

### **3.9. Orientación ética filosófica y epistémica**

La "ética" se refiere a las reglas impuestas por la sociedad que se deben cumplir con mucha atención para no caer en malos hábitos, manteniendo el respeto por las personas.

La protección de datos y respeto a la información en diferentes medios, respetando los principios de la ética profesional.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

##### **4.1.1. Delimitación del proceso actual**

El sistema actual de producción de la empresa minera San Andrés - Minera Aurífera Retamas S.A., es el método de explotación subterránea, dado que la mina cuenta con áreas mineralizadas (cuerpos o vetas de mineral económico) estrechas y hondas. Por lo tanto, de acuerdo a las valoraciones técnicas y económicas, se justifica realizar perforaciones para permitir su extracción.

Las actividades o procesos que incluyen este procedimiento de explotación son: la exploración, el desarrollo, la preparación, la extracción y explotación, y el transporte y manipulación de los minerales. (Carrasco, 2013)

**Exploración:** En el caso de estudio, la actividad minera se refiere a la exploración de las dimensiones, la ubicación, las propiedades mineralógicas, las reservas y los valores de los depósitos de oro y plata, consiste en analizar las

dimensiones, formas de las vetas de mineral a extraer. (Estudio Mineros del Perú S.A., 2010)

**Desarrollo:** Localizados los bloques de mineral o vetas (acumulación de mineral con contenido valioso recuperable por algún proceso metalúrgico), Se llevan a cabo trabajos mineros para calcular el tonelaje y las leyes del mismo, esto es, clasificar el mineral marginal y submarginal; Se trata de la construcción de accesorios e instalaciones que permitan que la explotación tenga lugar. En esta actividad se llevan a cabo las chimeneas de ventilación, las rampas y los conductos de ventilación, la instalación de líneas eléctricas y rieles para vehículos mineros. (Estudio Mineros del Perú S.A., 2010)

**Preparación:** Se trata de acondicionar las áreas o partes de trabajo en la veta o bloques minerales, con el fin de que la Explotación sea posible. Generalmente, esto incluye preparar tolvas, chimeneas de ventilación y relleno, entre otras tareas. (Estudio Mineros del Perú S.A., 2010)

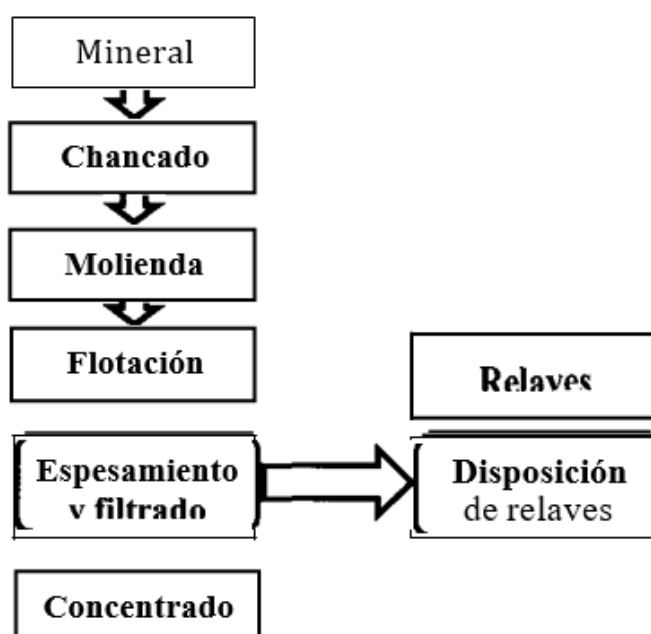
**Explotación y Extracción:** Durante esta fase, se perfora y vuela el mineral en el interior de la mina, después de lo cual queda preparado para ser transportado afuera. (Ramos, 2012)

**Transporte y/o Manipulación de Minerales:** Una vez que se ha realizado la voladura del mineral, este es sacado de la mina hacia el exterior. Para tal fin, se apila y carga en los distintos medios de transporte disponibles. La extracción del mineral de la mina se lleva a cabo con carros mineros que se trasladan sobre rieles, desde el socavón hasta el área de recepción. Se utilizan volquetes de 20 m<sup>3</sup> para este proceso.

**Concentración:** Es un Procedimiento para enriquecer ciertos minerales (sulfuro de zinc, plomo o cobre que contienen oro y plata), en el que el mineral

se separa a través de procesos de disminución del tamaño (molienda y chancado). De esta manera, las partes útiles se concentran por un lado y los materiales sin valor (relave) se eliminan. La meta es generar un material concentrado que esté enriquecido y tenga tonelaje disminuido, lo cual permite economizar en el gasto de transporte hacia la planta metalúrgica y disminuir los costos de tratamiento de esta. La concentración incluye los procedimientos de recibir materiales, triturar, moler, flotar y secar concentrados (Carrasco, 2013).

**Ilustración 2.** *Procesos implicados en la concentración.*



*Fuente: Manual de Minería (2010).*

**Recepción de Minerales:** El mineral que se extrae de la mina es llevado a un patio o cancha, donde se prepara para clasificarlo. Posteriormente, será procesado por una chancadora primaria. Los bloques de mineral que sean demasiado grandes son tratados con anterioridad para disminuir su tamaño antes de ser llevados a la chancadora primaria.

**Chancado:** El mineral clasificado se transporta a la chancadora primaria, donde su tamaño es reducido en el primer proceso de chancado hasta

dimensiones específicas. Después, se traslada a la chancadora secundaria, en la que el mineral se reduce aún más. Luego pasa inmediatamente a la chancadora terciaria, donde queda preparada para ser molido (Manual de Minería, 2010).

**Molienda:** En este procedimiento, el mineral chancado es mezclado con agua y luego procesado en recipientes cilíndricos llamados molinos de barras y/o de bolas. Después de ser convertido en polvo, se lleva a la clasificadora. En este lugar, los materiales muy finos (también conocidos como "finos") ingresan a las celdas de flotación, mientras que los horribles regresan al molino para ser molidos otra vez.

**Flotación:** El mineral triturado se mezcla con agua, cal y reactivos. Después, a través de un sistema de bombeo por tubos, es llevado desde la clasificadora hasta las celdas de flotación (Estudio Mineros del Perú SA, 2010). En estas celdas, un agitador de paletas soluciona la pula; simultáneamente, una corriente de aire que proviene del fondo de la celda origina burbujas que ascienden a la superficie arrastrando partículas de minerales sulfurosos. Esto crea una nata o espuma que sobrepasa las celdas de flotación y se recoge para ser espesada o sedimentada y filtrada con el fin de conseguir el concentrado final. Cuando se procesan dos o más concentrados, el proceso de flotación atraviesa tantos procesos como clases de concentrados que se quieran conseguir (Manual de Minería, 2010)

**Espesamiento, filtrado, secado y manipuleo de concentrados:** La "nata" que se genera en el proceso de flotación se recoge con canaletas y, utilizando agua, se conduce a los tanques espesadores. Desde allí, pasa al proceso de filtrado y secado (Sturgal, 2000).



**Desagüe, disposición de relaves y recuperación de agua:** Los residuos que se eliminan de las celdas de flotación son conocidos como familiares, y pueden ser tratados en la planta de recuperación de agua o llevados directamente a lugares preparados específicamente para ese propósito. Si la planta de concentración se encuentra en zonas con escasez de agua, normalmente existe una planta para recuperar el agua (Manual de Minería, 2010).

**Disposición de relaves:** Los desechos (conocidos como relaves) generados por el proceso de flotación y la planta de La recuperación de agua se lleva a canchas de relaves, donde son almacenadas bajo condiciones definidas conforme a las regulaciones sobre control ambiental (Ramos, Explotación y extracción de minerales, 2012).

Los procesos que son objeto de estudio en esta investigación incluyen los siguientes: Desarrollo, preparación, explotación y extracción de minerales, así como su transporte o manejo.

#### **4.1.2. Producción Actual de la Empresa Minera**

MARSA, la empresa minera peruana, se ocupa de la explotación y producción de oro y plata en la mina San Andrés, que se encuentra en la región La Libertad. Marsa anticipa una producción del 60.000 Onzas Troy de oro para el año 2016.

El sistema de producción utilizado en la actualidad es el sistema de riel con carritos que transportan el mineral hacia afuera de la mina y luego transportados con volquetes.

Los datos históricos de producción de oro y plata de la empresa en estudio se han obtenido para los años 2010 al 2015, pero es necesario hacer cálculo de la producción para los años 2016 al 2020 para ambos sistemas.

**El método a utilizar** es el de Análisis de Regresión Lineal. Es un procedimiento para prever la demanda de un producto específico en función de una variable independiente que genera o establece la producción.

#### **Cálculo de la Pendiente b.**

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i / n}{\sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2 / n}$$

#### **Cálculo del Parámetro a**

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} - b \left( \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \right)$$

#### **La ecuación de Pronóstico**

La ecuación que se utiliza para prever la producción es

$$y = a + bx$$

#### **Coefficiente de Correlación o de Pearson**

Necesario calcular el coeficiente de evaluación o de Pearson (r) para establecer si y en qué medida depende de x y; su valor debe estar entre  $-1 < r < 1$ .

Si  $r = -1$  Por lo tanto, hay una fuerte evaluación negativa

Si  $r = 0$  Por lo tanto, no hay compresión entre re x e y. Si  $r = 1$ , hay una aceleración positiva alta.

La fórmula está dada por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i / n}{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2 / n} \sqrt{\sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2 / n}}$$

### Producción de oro actual y estimado para el sistema con riel

**Tabla 3.** Producción de oro actual y estimado para el sistema con riel.

PRODUCCION DE ORO MARSA						
J I Kilogramo		=	32.1507466	Onzas Troy		
Nº	AÑO	Prod Oro Kilogramo	Prod Oro Onzas Troy	XY	X2	Y2
1	2018	845.7	27189.6	27189.6	1.0	739272437.6
2	2019	856.2	27527.5	1 55054.9	4.0	757761561 .2
3	2020	912.5	29336.3	88008.8	9.0	860616750.1
4	2021	904.8	29090.6	116362.6	16.0	846265248.9
5	2022	985.6	31687.8	158438.9	25.0	1004115136.3
6	2023	1005.4	32325.0	193950.0	36.0	1044905858.7
			<b>177156.7</b>	<b>63900d.8</b>	<b>91.0</b>	<b>5252936992.8</b>

Fuente; MARSA.

$$b = \frac{6z639004.8 - 21 \times 177156.7}{6z91 - 21^*} = 1083.213767$$

$$a = \frac{177156.7}{6} - 1083.213767z \frac{21}{6} = 25734.87219$$

$$\frac{(6z 639004.8 - 21 \times 177156.7)}{(( 6 \ 91 \ 21 \ 2 \ ( 6 \ 252936992 \ 8 \ 177 \ 67 \ 2 \ ))} = 0.962035$$

Aplicando la ecuación de ajuste  $y=25734.87219+1083.213767 X$ , en donde x va de 1 a 5, se tiene la siguiente tabla:

**Tabla 4.** Producción de oro sistema de riel

Nº	ANO	Prod oro	Ingresos
1	2019	26818.09	29439553.86
2	2020	27901.30	30628651 .77
3	2021	28984.51	31817749.68
4	2022	30067.73	33006847.60 J
5	2023	31150.94	34195945.51

Fuente; MARSA.

## Producción de plata actual y estimada para el sistema con riel

**Tabla 5.** Producción de plata actual y estimada para el sistema con riel

PRODUCCION DE PLATA MARSA						
1 Kilogramo			=	32.1307466 Onzas Troy		
Nº	AÑO	Prod Plata Kilogramo	Prod Plata Onzas Troy	XV	X2	Y2
1	2018	2350.2	75561.0	75561.0	1.0	5709465641.8
2	2019	2256.4	72543.7	145087.3	4.0	5262582392.6
3	2020	2431.6	78176.5	234529.4	9.0	6111560356.3
4	2021	2537.9	81595.1	326380.2	16.0	6657753524.1
5	2022	2497.4	80292.3	401461.5	25.0	6446855038.4
6	2023	2580.0	82948.3	497689.7	36.0	6880417674.6
			<b>471116.8</b>	<b>1680709.2</b>	<b>91.0</b>	<b>37068634627.8</b>

Fuente; MARSA.

$$b-- \frac{6i \ 1680709.2 - 21 \times 471116.8}{6z \ 91 - 21^{\circ}} = 1817.169382$$

$$\frac{471116.8}{6} - 1817.169382 \times \frac{21}{6} = 72159.37137$$

$$\begin{aligned} & \frac{(6 \times 1680709.2 - 21 \times 471116.8)}{((6 \ 91 \ 21 \ 2) i (6 \ 370686346 \ 78 \ 4711 \ 68 \ 2))} \\ & = 0.867445317 \end{aligned}$$

**Tabla 6.** Producción de plata estimada para el sistema con riel

Nº	ANO	Prod Plata	Ingresos
1	2019	73976.54	1059639.97
2	2020	75793.71	1085669.10
3	2021	77610.88	1111698.24
4	2022	79428.05	1137727.37
5	2023	81245.22	1163756.51

Fuente; MARSA.

#### **4.1.3. Estructura de los Ingresos y Egresos Ingresos**

Los ingresos de la empresa minera están estructurados por la venta de oro y plata. En una tonelada hay 32,150.75 onzas troy. El promedio del precio del oro para el mes de febrero del año 2019 es 1,097.75 \$/Onza Troy, y el promedio del precio de la plata para el mes de febrero del año 2019 es 14.324 \$/Onza Troy.

El desarrollo de modelos de comportamiento de precios del oro y de la plata, así como de los demás commodities se basa en procesos estocásticos (precios que varían en función del comportamiento de la demanda y de los precios) y pueden ser categorizados de acuerdo a dos atributos: la estacionariedad o no de los modelos y la cantidad de factores estocásticos empleados (Milla, 2005).

Aunque por ciertos periodos cortos de tiempo la demanda y los precios de la plata y el oro se mantienen estacionarios, estas también varían en función del comportamiento de la política internacional, no dependen del productor o de la política nacional, como en algunos productos de bienes y servicios, ya que son productos exportables. La cantidad de factores estocásticos o variables de estado que se usan para describir la dinámica de los precios de las materias primas está determinada por las propiedades del activo que se examina. En general, a mayor número de factores, más realista es el modelado. Sin embargo, esto también incrementa la complejidad de los procesos implicados (Sturgal, 2000).

El modelo de precios del oro y la plata se comporta como un modelo estacionario y no estacionario con predominancia del segundo. Un modelo estacionario se refiere a un proceso en el que las propiedades estadísticas

permanecen invariables durante períodos prolongados; es decir, las alteraciones permanecen durante períodos prolongados; es decir, las alteraciones son temporales y no influyen en la conducta de la variable a largo plazo. Por otro lado, un proceso no estacionario se caracteriza porque las propiedades de la variable cambian con el tiempo dependiendo del grado de alteraciones dentro del proceso. La mayoría de los modelos que se han creado para el precio de las materias primas no son estacionarios, lo que demuestra la necesidad de emplear modelos que describan el comportamiento de los precios con mayor realismo.

Brennan & Schwartz (1985) caracterizaron el comportamiento del precio de un commodity (oro, plata, cobre y cualquier producto minero en general) donde el precio del cobre se modeló mediante un movimiento Browniano geométrico, que es un proceso de un solo factor estocástico. La presencia de una tendencia a largo plazo en los precios de las materias primas vinculadas con los costos marginales de producción de estas últimas es reconocida por la evidencia empírica y las investigaciones posteriores. Schwartz (1997) amplía el modelo con un tercer elemento estocástico que, mediante otro proceso con reversión a la media, representa el precio medio a largo plazo. En la siguiente tabla se aprecia las producciones anuales por Onza Troy y los ingresos correspondientes por oro y plata para los próximos 5 años (periodo de análisis económico) en el caso supuesto de que se sigue utilizando el sistema de riel.

**Tabla 7. Ingreso por Oro y Plata Estimado Anualmente.**

N°	AÑO	Producción de oro	Producción de Plata	IngresosOro	Ingreso Plata	Subtotal
1	2019	26818.09	73976.54	29439558.30	1059639.96	30499198.26
2	2020	27901.30	75793.71	30628652.08	1085669.10	31714321.18
3	2021	28984.51	77610.88	31817745.85	1111698.25	32929444.10
4	2022	30067.73	79428.05	33006850.61	1137727.39	34144578.00
5	2023	31150.94	81245.22	34195944.39	1163756.53	35359700.92
<b>TOTAL</b>				<b>159088751.22</b>	<b>5558491.23</b>	

Fuente; MARSA.

#### 4.1.4. Costos o Egresos

**Tabla 8. Costo material Sistema con Riel. Minera MARSA S.A**

<b>Costo material Sistema con Riel. Minera MARSA S.A. en soles</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Total</b>
Conjunto perno helicoidal l 9 mm x 1 50 m con planchuela y tuerca modular	2,839
Conjunto perno posimix 19 mm x 1.80 m con 0.5 m de espiral	25,031
Conjunto perno posimix 19 mm x 2.40 m con 0.5 m de espiral	1,156
Cemento norte Pacasmayo	4,007
Dinairiita semexa al 65% de 7/8" x 7"	1,538,1 16
Carmex de 7' (2.10 m)(caja x 300 unidad)	147.485
Conector para mecha rápida (caja x 100 piez.a)	1 20,688
Fulminante común N° 08 tcaja x 100 reza)	120,688
Cordón detonante 5P (pentacord)(caja x 1 500 m)	554
Guía de seguridad (caja x 1000 m)	906,667
Mecha rápida de ignición Z-18 color verde (caja x 1500 m)	1 20,427
Cable de acero de 3/8" cobra 6 x 19 de fibra sintética rollo x 500 m	2,560
Cable de acero de 1/2" cobra 6 x 19 de fi bra sintética rol lo x 500 m	13,355
Cabo manila de 1" (cable-soga)	4,164
Cabo manila de 3/4"	1,013
Madera de eucalipto redondo (en bruto)	4,806,932
Cantonera de eucalipto	1,476
Madera aserrada	387,718
Cartucho de resina 1 1/8" x 1 2" x 1 minuto de fraguado (28 mm 305 mm)	34,496
Cartucho de cemento "CEM-CON" (32 min x 305 mm)	1 30,553
Manguera de aire de 2" c/refuerzo de malla de acero 1 50 psi	453
Tubería de polietileno de 1" C-10 PEAD PE-63 32mm	5,933
Tubería de polietileno de 2" C-10 PEAD PE-63 63mm	5,587
Tubería de polietileno de 4" C-10 PEAD PE-63 110mm	5,124
Válvula de fierro tipo bola de 1"	425
Cambio de vía de 30 lb/yarda	74
Riel nuevo de acero de 30 lb/yarda	10,520
Clavo rielero de 3/8 x 3 1/2 para riel de 30 lb/yarda	4,030

Perno rielero de 5/8" x 2 1/2 C-T	8,279
Eclisa plana p/riel de 30 lb/yarda	3,213
Jacks 183 mm	10,554
Cimbra metálica tipo "H" WF-13 lb/pie de sección interna de 2.40 2.70	307
Plancha acanalada tipo toldera LAC espesor: 3.0 mm, ancho: 0.55 m, largo: 1.60 m	896
Cal viva prime	60
Saco de polipropileno 20" x 30" - 90 gr. (metalero)	21,327
Clavo de alambre de 5" c/cabeza	1,556
Clavo de alambre de 6" c/cabeza	1,223
Clavo de alambre de 7" c/cabeza	1,035
Alcayata de fierro comigado de 5/8" x 0.60 m, tipo "F" con aislante	280
Alcayata de Fe 3/4" soporte x 1.00 m para tubería en pared/hastial	815
Rastra de 42" en acero al manganeso a 128°C	24
Pasteca de acero de 6" p/cable 3/8" tipo joy	47
Pasteca de acero de 8" p/cable 1/2" tipo joy	248
Alambre negro N°8	235
Alambre negro N°16 (de amarre)	128
Malla de alambre galvanizada electrosoldada N°08 de 2" x 2" 2.42 m	27,404
Malla de alambre galvanizada electrosoldada N°08 de 4" x 4" 2.42 m	4,809
Malla electrosoldada no galvanizada de alambre N°08 de 2" x 2" 2.42 m	1,335
Tela arpillera de polipropileno de 100 gr/m2 (en metros cuadrados)	17,038
<b>Total</b>	<b>8,502,884</b>

*Fuente. MARSA.*

El costo en dólares es de 2500848.2 \$/año al tipo de cambio de 3.4 soles/dólar.



### Costo de Herramientas: Perforación

**Tabla 9.** *Costo Herramienta Perforación*

N°	COSTOS	UNIDAD	PRECIO US\$	CANTIDAD	SUBTOTAL
	Perforación				
1	Perforadora Jack1e	Pieza	7574.0	36.0	272664.0
2	Barreno 4'	Pie2a	91.0	36.0	3276.0
3	Barreno 6'	Pieza	113.0	36.0	4068.0
4	Barreno 8'	Pieza	136.0	36.0	4896.0
5	Broca 38inm	Pieza	22.5	36.0	810.0
6	Manguera 1"	Metro	3.2	500.0	1600.0
7	Manguera 1/2"	Metro	2.1	500.0	1050.0
8	Aguzadora de barrenos	Pieza	6846.0	3.0	20538.0
9	Piedra esmeril	Pieza	16	36.0	576.0
10	Aceite de perforación	Galón	8.5	2000.0	17000.0
11	Cargador de anfo	Pieza	69	36.0	2484.0
12	Manguera para carguío	Metro	6.0	500.0	3000.0
SUBTOTAL					331962.0

Fuente; MARSA.

### Costo de Implementación de Personal

**Tabla 10.** *Costo de Implementos de Personal*

N°	COSTOS	UNIDAD	PRECIO US\$	CANTIDAD	SUBTOTAL
	Implementos				
1	Implementos de personal	Unidad	300	40.0	12000.0
2	Implementos personal auxiliar	Unidad	300	10.0	3000.0
SUBTOTAL					15000.0

Fuente; MARSA.

**Tabla 11. Costo de bombeo de agua**

N°	costos	Unidad	Precio RSS	Cantidad	Subtotal
	<b>Bombeo de agua</b>				
1	Grupo electrógeno	Unidad	5000.0	2.0	10000.0
2	Aire comprimido	Unidad	2500.0	1.0	2500.0
3	Compresora	Unidad	3200.0	2.0	6400.0
4	Petróleo	Galón	25000.0	4.0	100000.0
<b>SUBTOTAL</b>					<b>118900.0</b>

**Costo de personal****Tabla 12. Costo de personal**

N°	COSTOS	UNIDAD	PRECIO US\$	CANTIDAD	SUBTOTAL
	Mano de obra				
1	Perforista	Global	21600.0	9.0	1 94400.0
2	Capataz	Global	18000.0	3.0	54000.0
3	Jefe de mina	Global	24000.0	3.0	72000.0
4	Ayudante	Global	7200.0	5.0	36000.0
5	Personal minero	Global	15000.0	30.0	450000.0
<b>SUBTOTAL</b>					<b>806400.0</b>

**4.1.5. Resumen de costos****Tabla 13. Resumen de costos**

N°	COSTOS EN \$/AÑO	SUBTOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>		<b>4510421.2</b>
1	Materiales	2500848.2
2	Perforación	331962.0
3	Implementos	15000.0
4	Bombeo de agua	118900.0
5	Mano de obra	806400.0
6	Alimentación del personal	360000.0
7	Contingencia 10%	377311.0
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		<b>1070000.0</b>
1	Gastos generales y	400000.0

El costo anual en promedio en que incurre la mina en el sistema con riel es de 5'580,421.2 dólares/año.

Los costos anuales estimados para los años son incrementados en un 1 0% por cada año.

**Tabla 14.** *Costos Estimados Anuales Sistema de riel*

Nº	AÑO	Costo Directo	Costo Indirecto	Costo Total Estimado
0	2018	4510421.2	1070000.00	5580421.20
1	2019	4961463.32	1177000.00	6J 38463.32
2	2020	5457609.65	1294700.00	6752309.65
3	2021	6003370.62	1424170.00	7427540.62
4	2022	6603707.68	1566587.00	8170294.68
5	2023	7264078.45	1723245.70	8987324.15

*Fuente; MARSA.*

#### 4.1.6. Utilidades

De acuerdo a muchos autores de las ciencias administrativas, entre ellos Chiavenato Idalberto (1989) y Dorfman R., Samuelson P., Salov M. (1992), consideran que matemáticamente Es la distinción entre los ingresos adquiridos y los gastos realizados durante una misma fase económica. Cuando los costos son mayores que los ingresos, se producirán pérdidas. El principal objetivo de cualquier compañía privada es la obtención de beneficios o utilidades. Por fin, se emplean muchos esfuerzos para maximizar las ganancias o, en su defecto, para reducir al mínimo las pérdidas. En el ámbito empresarial, normalmente se hace una distinción entre la utilidad bruta (la utilidad antes de impuestos) y la utilidad neta (o utilidad después de impuestos). La utilidad de una empresa, independientemente de su sector, desde el enfoque de la administración y la economía, se expresa a través de la fórmula matemática siguiente: Utilidad = Ingresos menos Egresos.

La fórmula de la utilidad en general es la siguiente:

$$U = \sum (I_i - C_i)$$

Dónde:

$I_i$ : identifica a las sumatoria de los ingresos  $C_i$ : a las sumatorias de los egresos o costos. Las utilidades se presentan en el flujo de caja.

#### **4.1.7. Sistema Mecanizado Propuesto**

##### **Proceso de Producción Mediante Sistema Mecanizado**

**Exploración:** Implica llevar a cabo actividades mineras con el objetivo de revelar las dimensiones, la posición y las características mineralógicas, así como los valores y reservas de los depósitos de plata y oro. En este caso del estudio, se trata de examinar las dimensiones y formas de las vetas minerales que se van a extraer.

**Desarrollo:** Implica localizados los bloques de mineral o vetas (acumulación de mineral con contenido valioso recuperable por procesos metalúrgicos), Se llevan a cabo trabajos mineros para calcular el tonelaje y las leyes del mismo, esto es, clasificar el mineral marginal y submarginal; Se trata de la construcción de accesorios e instalaciones que permitan que la explotación tenga lugar. Esta La tarea incluye la creación de las galerías, los pasadizos, las chimeneas de ventilación, las rampas y los conductos de ventilación. Se determinan la dureza d roca para evaluar el uso de explosivos o el uso del Jumbo Rocket.

**Preparación:** Consiste en preparar las zonas o secciones de trabajo en la veta o bloques de mineral, esta fase consiste en determinar los puntos de perforación. realizar los algunos para colocar los explosivos o ubicación de puntos en caso de taladro del túnel o socavón.

**Explotación y extracción:** En esta fase, se lleva a cabo la perforación y las voladuras del mineral en el interior de la mina, empleando el jumbo Rocket para perforar las vetas con el fin de que después. El mineral es recogido por el scoop y cargados a los camiones de bajo perfil, y estos camiones l llevan el mineral al área de recepción o almacén de mineral.

**Transporte y/o manipulo de minerales:** Una vez que se ha realizado la voladura del mineral, este es sacado de la mina hacia el exterior. Para tal fin, se apila y carga en los distintos medios de transporte disponibles. Los vehículos de bajo perfil, también llamados camiones de 20 m3, son los que se utilizan para transportar el mineral.

### ***Producción Estimada para el Sistema Mecanizado***

**Tabla 15.** Producción de oro estimado para el sistema Mecanizado

PRODUCCION DE ORO MARSA						
1 Kilogramo			=	32.1507466	Onzas Troy	
Nº	AÑO	Prod Oro Kilogramo	Prod Oro Onzas Troy	XY	X2	Y2
1	2018	1562.8	50245.2	50245.2	1.0	2524578790.3
2	2019	1486.5	47792.1	1 95584.2	4.0	2284083367.1
3	2020	1645.3	52896.0	158688.0	9.0	2797988486.7
4	2021	1682.2	54085.3	216341.1	16.0	2925216637.3
5	2022	1645.9	32916.6	264583.0	25.0	2800165737.5
6	2023	1710.3	34988.1	329928.4	36.0	3023687278.3
<b>21</b>			<b>312923.2</b>	<b>1115369.8</b>	<b>91.0</b>	<b>16355720297.1</b>

Fuente; MARSA.

$$b = - \frac{6 \times 1115369.8 - 21 \times 312923.2}{6 \times 91 - 21^2} = 1150.776265$$

$$\frac{312923.2}{6} - 1150.776265 \times \frac{21}{6} = 48126.15246$$

$$= \frac{(6 \times 1115369.8 - 21 \times 312923.2)}{((6 \times 91 - 21^2) \times (6 \times 16355720297.1 - 312923.2^2))}$$

$$= 0.807246S$$

Aplicando la ecuación de ajuste  $y = 48126.15246 + 1150776265 X$ , en donde x va de 1 a 5, se tiene la siguiente tabla:

**Tabla 16. Producción de Oro Sistema Mecanizado**

N°	AÑO	Prod oro	Ingresos
1	2019	49276.93	54093748.51
2	2020	50427.70	55357013.1 6
3	2021	31578.48	56620277.80
4	2022	52729.26	57883542.45
5	2023	53880.03	59146807.09

Fuente; MARSA.

### Producción de plata estimada para el Sistema Mecanizado

**Tabla 17. Producción de plata estimado para el sistema Mecanizado.**

PRODUCCION DE PLATA MARSA						
1 Kilogramo			=	32.1507466 Onzas Troy		
N°	AÑO	Prod Plata Kilogramo	Prod Plata Onzas Troy	XY	X2	Y2
1	2018	3245.3	104337.2	104337.2	1.0	10886253453.6
2	2019	3389.5	108974.3	217948.6	4.0	11875400780.4
3	2020	3384.0	108798.8	326396.3	9.0	11837172223.6
4	2021	3502.3	112601.9	450407.5	16.0	12679183653.1
5	2022	3698.3	118901.5	594507.5	25.0	14137566344.9
6	2023	3720.2	119607.9	717647.1	36.0	14306037877.2
21			673221.5	2411244.3	91.0	75721614332.8

Fuente; MARSA.

$$b = \frac{6 \sum XY - \sum X \sum Y}{6 \sum X^2 - (\sum X)^2} = \frac{6 \times 2411244.3 - 21 \times 673221.5}{6 \times 91 - 21^2} = 3141.08201$$

$$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{6} = \frac{75721614332.8 - 3141.08201 \times 2411244.3}{6} = 101209.8$$

$$r = \frac{(6 \times 75721614332.8 - 21 \times 673221.5 \times 3141.08201)}{\sqrt{((6 \times 14306037877.2 - 21 \times 3720.2 \times 3141.08201) \times (6 \times 75721614332.8 - 21 \times 673221.5 \times 3141.08201))}} = 0.96937305$$

**Tabla 18.** *Producción de Plata estimada para el Sistema Mecanizado*

N°	ANO	Prod Plata	Ingresos
1	2019	104350.88	1494722.03
2	2020	107491.96	1539714.89
3	2021	110633.05	1584707.75
4	2022	113774.13	1629700.61
5	2023	116915.21	1674693.47

*Fuente; MARSA.*

***Estructura de Ingresos y Egresos Sistema Mecanizado***

**Tabla 19.** *Ingresos por Producción de Oro y Plata.*

N°	AÑO	Producción de oro	Producción de Plata	Ingresos Oro	IngresoPlata	Subtotal
1	2019	49276.93	104350.88	54093749.91	1494722.01	55588471.91
2	2020	50427.70	107491.96	55357007.68	1539714.84	56896722.5J
3	2021	51578.48	110633.05	56620276.42	1584707.81	58204984.23
4	2022	52729.26	113774.13	57883545.17	1629700.64	59513245.80
5	2023	53880.03	116915.21	59146802.93	1674693.47	60821496.40
<b>TOTAL</b>				<b>283101382.10</b>	<b>7923538.755</b>	

*Fuente; MARSA.*

**Costos o Egresos Costo de Materiales**

**Tabla 20. Costo material Sistema Mecanizado – MARSA.**

<b>Descripción</b>	<b>Total</b>
Conjunto perno helicoidal 19 mm x 1.50 con planchuela y tuerca modular	2,839
Conjunto perno posimix 19 mm x 1.80 con 0.5 m de espiral	25,031
Conjunto perno posimix 19 mm x 2.40 con 0.5 m de espiral	1,156
Dinamita semexa al 65% de 7/8" x 7"	1,538,116
Carmex de 7' (2.10 m) (caja x 300 unidad)	147,485
Conector para mecha rápida (caja x 100 pieza)	120,688
Fulminante común N° 08 (caja x 100 pieza)	120,688
Cordón detonante 5P (pentacord) (caja x 1500 m)	554
Guía de seguridad (caja x 1000 m)	906,667
Mecha rápida de ignición Z-18 color verde (caja x 1500 m)	120,427
Cable de acero de 3/8" cobra 6 x 19 de fibra sintética rollo x 500 M	2,560
Cable de acero de 1/2" cobra 6 x 19 de fibra sintética rollo x 500	1,335
Cabo manila de 1" (cable-soga)	4,164
Cabo manila de 3/4"	1,013
Cartucho de resina 1 1/8" x 12" x 1 minuto de fraguado (28 mm 305 mm)	34,496
Cartucho de cemento "CEM-CON" (32 mm x 305 mm)	130,553
Manguera de aire de 2" c/refierzo de malla de acero 150 psi	453
Tubería de polietileno de 2" C-10 PEAD PE-63 63mm	5,587
Tubería de polietileno de 4" C-10 PEAD PE-63 110mm	5,124
Cimbra metálica tipo "H" WF-1 3 lb/pie de sección interna de 2.40 x 2.70	307
Plancha acanalada tipo toledera LAC espesor: 3.0 mm, ancho: 0.55 m, largo: 1.60 m	896
Saco de polipropileno 20" x 30" - 90 g" (metalero)	21,327
Malla de alambre galvanizada electrosoldada N°08 de 2" x 2" 2.42 m	27,404
Malla de alambre galvanizada electrosoldada N°08 de 4" x 4" x 2.42 m	4,809
Malla electrosoldada no galvanizada de alambre N°08 de 2" x 2" x 2.42 m	1,335
Tela arpillera de polipropileno de 100 gr/m2 (en metros cuadrados)	7,038
<b>Total</b>	<b>3,254,072</b>

*Fuente; MARSA.*

El costo en dólares es de 957080.0 \$/año al tipo de cambio de 3.4 soles/dólar.



## Costo de Maquinarias

**Tabla 21.** *Costo de maquinaria.*

N°	COSTOS	UNIDAD	PRECIO US\$	CANTIDAD	SUBTOTAL
	Maquinaria				
1	Volquete Volvo FM 8X4R 20 m3	Unidad	150000	2	300000.0
2	Dumper o Camión de bajo perfil CAT AD30	Unidad	80000	1	80000.0
3	Compresora IR — 750	Unidad	10000	2	20000.0
4	Yumbo Eléctrico DD210	Unidad	120000	1	120000.0
5	Micro scoop Diesel Sandvik 100D 0.7 yd3	Unidad	20000	4	80000.0
6	Scoop Diesel Sandvik 2.5 yd3	Unidad	120000	1	120000.0
7	Scoop Diesel Sandvik 4.2. yd3	Unidad	140000	1	140000.0
8	Ventilador axial	Unidad	25000	1	25000.0
9	Perforadora Jumbo Atlas Copco	Unidad	150000	1	150000.0
<b>SUBTOTAL</b>					<b>1035000.0</b>

*Fuente; MARSA.*

## Costo de implementación de personal

**Tabla 22.** *Costo de implementos de personal*

N°	COSTOS	UNIDAD	US\$	CANTIDAD	SUBTOTAL
	Implementos				
1	Implementos de personal	unidad	300	40.0	12000.0
2	Implementos personales auxiliar	unidad	300	10.0	3000.0
<b>SUBTOTAL</b>					<b>15000.0</b>

*Fuente; MARSA.*

## Costo de bombeo de agua

**Tabla 23.** *Costo de bombeo de agua*

N°	COSTOS	UNIDAD	PRECIO US\$	CANTIDAD	SUBTOTAL
	Bombeo de agua				
1	Grupo electrógeno	Unidad	5000.0	2.0	20000.0
2	Aire comprimido	Unidad	2500.0	1.0	15000.0
3	Compresora	Unidad	3200.0	2.0	12000.0
4	Petróleo	Galón	25000.0	4.0	100000.0
<b>SUBTOTAL</b>					<b>147900.0</b>

*Fuente; MARSA*

### Costo de combustible

**Tabla 24.** *Costo de combustible.*

Nº	COSTOS	UNIDAD	PRECIO US\$	CANTIDAD	SUBTOTAL
	Combustible maquinaria				
1	Combustibles	Global	3.8	480768	1826918.4
2	Aceites y lubricantes	Global	75.0	83.3	6249.8
<b>SUBTOTAL</b>					<b>1833168.2</b>

*Fuente; MARSA.*

### Costo de mantenimiento

**Tabla 25.** *Costo de mantenimiento.*

Nº	COSTOS	UNIDAD	PRECIO US\$	CANTIDAD	SUBTOTAL
	Mantenimiento				
1	Preventivo	Global	30000	10	300000.0
2	Correctivo	Global	5000	10	50000.0
<b>SUBTOTAL</b>					<b>350000.0</b>

*Fuente; MARSA.*

### Costo de personal

**Tabla 26.** *Costo de personal*

Nº	COSTOS	UNIDAD	PRECIO US\$	CANTIDAD	SUBTOTAL
	Mano de obra				
1	Operador Dumper	Global	18000.0	2.0	36000.0
2	Operador Volquete	Global	18000.0	2.0	36000.0
3	Operador Jumbo	Global	18000.0	2.0	36000.0
4	Operador Scoop	Global	18000.0	2.0	36000.0
5	Capataz	Global	18000.0	3.0	54000.0
6	Jefe de mina	Global	24000.0	3.0	72000.0
7	Ajudante	Global	7200.0	5.0	36000.0
8	Personal minero	Global	15000.0	30.0	450000.0
<b>SUBTOTAL</b>					<b>612000.0</b>

*Fuente; MARSA.*

### ***Resumen de costos sistema Mecanizado***

Algunos costos son similares a los del sistema con riel, sin embargo hay costos que son propios del sistema Mecanizado. Los costos de maquinaria y

costos de procesos. Difieren en el uso de personal debido a que los procesos de producción minera en socavón con riel y Mecanizado son diferentes. Los explosivos utilizados son los mismos en ambos sistemas, pero varían en cantidad, en el sistema Mecanizado es menos debido a que se utiliza el Jumbo Rocket que es una perforadora de extracción de roca. La misma tarea que hacen los explosivos.

**Tabla 27. Resumen de Costos Sistema Mecanizado**

Nº	COSTOS	SUBTOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>		<b>5940162.8</b>
1	Materiales	957080.0
2	Maquinaria	1033000.0
3	Implementos	1 5000.0
4	Bombeo de agua	147900.0
5	Combustible de maquinaria	1833168.0
6	Mantenimiento	350000.0
7	Mano de obra	612000.0
8	Alimentación del personal	450000.0
9	Contingencia 10%	540014.8
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		<b>2094000.0</b>
1	Gastos generales y administrativos	400000.0
2	Mantenimiento	350000.0
3	Salud ocupacional	250000.0
4	Depreciación de equipos	900000.0
5	Contingencia 10%	190000.0
<b>TOTAL COSTOS DIRECTO E INDIRECTO</b>		<b>8030162.8</b>

*Fuente; MARSA.*

El costo anual en promedio en que incurre la mina en el sistema con riel es de 8'030, 1 62.8 dólares/año. Los costos anuales estimados para los años son incrementados en un 10% por cada año, pero para el primer año y los siguientes ya no se compran las maquinarias, por lo tanto, se descuenta 1, 035,000.0 dólares.

**Tabla 28. Costos estimados Anuales Sistema Mecanizado**

N°	AÑO	Costo Directo	Costo Indirecto	Costo Total Estimado
0	2018	5940162.80	2090000.00	8030162.80
1	2019	4801662.80	2090000.00	6891662.80
2	2020	5281829.08	2299000.00	7580829.08
3	2021	5810011.99	2528900.00	8338911.99
4	2022	6391013.19	2781790.00	9172803.19
5	2023	7030114.51	3059969.00	10090083.51

#### 4.1.8. Flujo de Caja Sistema con Riel

El flujo de caja (FC) o Cash Flow es el resultado de la diferencia entre los ingresos y salidas de dinero que una empresa tiene en un período específico, ya sea por proyectos, inversiones u otras actividades económicas (Torres, 2011).

Representan un estado de cuenta que sintetiza los ingresos y egresos de efectivo durante toda la duración del proyecto. Haciendo posible calcular la rentabilidad de la inversión". lo que significa que. Este permite determinar la capacidad de generar un ingreso adicional sobre la inversión, que incluye aquellas entradas y salidas de dinero que la empresa anticipa obtener durante el tiempo en que se ejecuta su proyecto (Chainbergo, 2012).

#### Resumen de Costos Directos e Indirectos

**Tabla 29. Resumen del Presupuesto**

N°	AÑO	Costo Directo \$	Costo Indirecto \$	Costo total Estimado \$
0	2015	4510421.2	1070000.00	5580421.20
1	2016	4961463.32	1177000.00	6138463.32
2	2017	5457609.65	1294700.00	6752309.65
3	2018	6003370.62	1424170.00	7427540.62
4	2019	6603707.68	1566587.00	8170294.68
5	2020	7264078.45	1723245.70	8987324.15

Fuente; MARSA.

### Cálculo de flujo de Caja del Proyecto

Para calcular el flujo de caja se tiene en cuenta tanto los ingresos como los egresos que se llevan a cabo durante el año cero y durante los años de evaluación de la inversión, que en este caso son cinco.

### Cálculo del valor presente neto (VPN)

ITEMS	AÑOS				
	2019	2020	2021	2022	2023
<b>INGRESOS</b>	30499198.3	31714321.2	32929444.1	34144578.0	35359700.9
<b>EGRESOS</b>	13933898.5	14740153.3	15388149.7	16715833.8	16371590.6
<b>Ingresos</b> <b>Egresos</b>	16565299.8	16974167.9	17341294.4	17428744.2	18988110.3

Fuente; MARSA.

Se utilizará el Valor Presente Neto para determinar la rentabilidad del estudio de la implementación del sistema Trackless; su fórmula es:

$$VPN = -I + \sum_{t=1}^N \frac{(I - E)}{(1 + i)^t}$$

**Tabla 30.** Diferencia de ingresos y egresos

ITEMS	AÑOS				
	2019	2020	2021	2022	2023
<b>INGRESOS</b>	30499198.3	31714321.2	32929444.1	34144578.0	35359700.9
<b>EGRESOS</b>	13933898.5	14740153.3	15388149.7	16715833.8	16371590.6
<b>Ingresos</b> <b>Egresos</b>	16565299.8	16974167.9	17341294.4	17428744.2	18988110.3

Fuente; MARSA.

### El cálculo del Valor Presente Neto (VPN) es:

$$VPN = 0.0 + \frac{16565299.8}{(1.2)} + \frac{16974167.9}{(1.2)^2} + \frac{17341294.4}{(1.2)^3} + \frac{17428744.2}{(1.2)^4} + \frac{18988110.3}{(1.2)^5}$$

$$VPN = 0.0 + 13804416.48 + 11787616.58 + 10035471.28 + 8405065.66 + 7630895.67$$

$$VPN = 0.0 + 55663465.7 = 55663465.7 \text{ US } \$/.$$

El Valor presente o valor actual netos es de 55663465.7, la cual es mayor que cero, entonces el proyecto es rentable o factible según el VPN.

### **Cálculo del TIR:**

Este el coeficiente integral de evaluación permite calcular directamente la rentabilidad promedio del estudio. Es la tasa de descuento que equipara el Valor Actual de los costos y el Valor actual de los beneficios, o sea, cuando VAN=0.

Entonces

$$0 = -\frac{I_0}{(1+r)^0} + \sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}$$

$$0 = -\$80421.0 + \left( \frac{16565299.9}{(1+TIR)^1} \right) \left( \frac{16974167.9}{(1+TIR)^2} \right) \left( \frac{17341294.4}{(1+TIR)^3} \right) \left( \frac{17428744.2}{(1+TIR)^4} \right) \left( \frac{18988110.3}{(1+TIR)^5} \right)$$

Para su cálculo se ha tomado la inversión en el año 2015 o año cero. Realizando el cálculo con Microsoft Excel. Con la función TIR se obtiene: TIR = 232.0%

### **Relación Beneficio Costo**

Para calcular la Relación Beneficio Costo (B/C) también se necesita una tasa de descuento. En la relación de costo-beneficio, se determina individualmente los valores actuales de ingresos y egresos, para posteriormente dividir el total de esos valores. En el cálculo de la relación beneficio-costos, se observan múltiples situaciones:

**Relación B/C >0:** Si la razón benéfico costo es mayor que cero, entonces el proyecto es rentable, pues por cada dólar de costos se consigue más de un dólar

de ganancia. Por lo tanto, si el índice es cero o positivo, se debe aceptar el proyecto.

**Relación B/C < 0:** Si la razón beneficio costo es menor que cero, entonces el proyecto no es rentable, Dado que por cada dólar invertido se obtiene menos de un dólar de ganancia, si el índice es negativo o inferior a cero, no se debe aceptar el proyecto. Si la razón B/C es igual, no importa si se realiza el proyecto o no; Sin embargo, lo más lógico sería no hacerlo por el principio de que se trabaja con el objetivo de obtener rentabilidad.

#### 4.1.9. Flujo de caja Sistema Mecanizado

En el flujo de caja del Sistema Trackless se observa que existe una inversión inicial, la que está indicada por la inversión que se va a realizar en maquinaria (1, 035. 000, 000.0 dólares) el valor Presente Neto es mayor que en el sistema con riel, sin embargo, no indica por qué porcentaje es mayor. El TIR sí indica el porcentaje.

#### Cálculo del Valor Presente Neto (VPN)

**Tabla 31.** *Diferencia de Ingresos y Egresos*

	Años				
	2016	2017	2018	2019	2020
<b>INGRESOS</b>	55588471.9	56896722.5	58204984.2	59513245.8	60821496.4
<b>EGRESOS</b>	2474641.7	23361915.0	24296055.1	25734808.8	24294880.1
Ingresos - Egresos	33113830.2	33534807.5	33908929.1	33778437.0	33526616.3

*Fuente; MARSA.*

### El cálculo del Valor Presente Neto (VPN) es:

$$VPN = -8026562.8 + \left( \frac{33113830.2}{(K2)} \right) \left( \frac{33534807.5}{(1.2)^0} \right) \left( \frac{33908929.1}{(4.2)^1} \right) \left( \frac{33778437.0}{(1.2)^2} \right) \left( \frac{36526616.3}{(1.2)^3} \right)$$

$$VPN = -8026562.8 + 27594858.5 + 23288060.8 - 19623222.9$$

$$+ 16289755.5 + 14679227.9$$

$$VPN = -8026562.8 + 101475125.5 = 93448562.7 \text{ US } \$/.$$

El Valor presente o valor actual netos es de 93, 448, 562.7, la cual es mayor que cero, entonces el proyecto es rentable o factible según el VPN.

### Cálculo del TIR:

El coeficiente integral de evaluación permite calcular directamente la rentabilidad promedio del estudio. la tasa de descuento que equipara el Valor Actual de los costos y el Valor Actual de los beneficios, o sea, cuando VAN=0.

Entonces

$$VPN = -8026562.8 + \left( \frac{33113830.2}{(1+TIR)} \right) \left( \frac{33534807.5}{(1+TIR)^0} \right) \left( \frac{33908929.1}{(1+TIR)^1} \right) \left( \frac{33778437.0}{(1+TIR)^2} \right) \left( \frac{36526616.3}{(1+TIR)^3} \right)$$

Para su cálculo se ha tornado la inversión en el año 2015 o año cero. Realizando el cálculo con Microsoft Excel. Con la función TIR se obtiene: TIR = 328.0%

La razón B/C indica que el sistema Trackless es más rentable que el sistema de riel.

**Tabla 32. Resumen de cálculo de indicadores**

INDICADOR	Con Riel	Trackless
VPN	5166345.7	93448562.7
TIR	232.0%	328.0%
B/C .	2.1352273	2.4254748

Fuente: Datos de investigación 2019.



## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

### 4.2.1. Análisis e interpretación de resultados

El sistema actual de producción es el sistema con Riel y carritos mineros, median test sistema se realizan los siguientes procesos: Exploración, desarrollo, preparación, explotación y extracción, y transporte de materiales. La producción estimada de todas sus labores para el año 2016, suma 160, 000.0 onzas Troy de oro. En el año 2019, la unidad en estudio tuvo una producción de oro de 32,325.0 Onzas Troy, y de 497, 689.7 Onzas Troy de Plata. De acuerdo con los datos históricos de las producciones de oro y plata desde los años 2014 al 2019, se hizo una proyección de la producción de ambos productos para el periodo 2019 hasta el año 2023 mediante el método de Regresión

#### Lineal.

Las producciones proyectadas o pronosticadas de oro y plata para el período 2019 al 2023 en el sistema de Riel se dan en la siguiente tabla:

**Tabla 33.** *Producción de Oro y Plata Pronosticada con Sistema Riel*

N°	ANO	Prod. Oro	Prod. Plata
1	2019	26818.09	73976.54
2	2020	27901.30	75793.71
3	2021	28984.51	77610.88
4	2022	30067.73	79428.05
5	2023	31150.94	81245.22

*Fuente; MARSA.*

Las producciones estimadas de oro y plata para el período 2019 al 2023 para el Sistema Mecanizado son las siguientes:

**Tabla 34.** *Producción de Oro y Plata Pronosticada con Sistema Mecanizado*

N°	ANO	Prod. Oro	Prod. Plata
1	2019	49276.93	104350.88
2	2020	50427.70	107491.96
3	2021	51578.48	110633.05
4	2022	52729.26	113774.13
5	2023	53880.03	116915.21

*Fuente; MARSA.*

ha diferencia de producción de oro y plata en Onzas Troy a favor del sistema Mecanizado se da en la siguiente tabla:

**Tabla 35.** *Diferencia de Producción de Oro y Plata Sistema Mecanizado y*

N°	AÑO	Producción de Oro	Riel % de aumento Oro	Producción de Plata	% de aumento Plata
1	2019	22458.84	83.75	30374.34	41.06
2	2020	22526.41	80.74	31698.25	41.82
3	2021	22593.97	77.95	33022.17	42.55
4	2022	22661.53	75.37	34346.08	43.24
5	2023	22729.09	72.96	35669.99	43.90

Tal como se puede observar en la tabla, existe un diferencial significativo en las producciones anuales entre los sistemas de Riel y el Sistema Mecanizado, en el primer año el aumento de la producción es de 83.75% para la producción de oro y 41.06% para la producción de plata.

#### **4.3. Prueba de hipótesis**

La prueba de hipótesis se efectúa en relación a las Variables Independiente y Dependiente, que fueron determinada en trabajo de investigación y por lo cual se acepta o no la Hipótesis: Si efectuamos la Implementación de Equipos Mecanizados se Incrementar la Producción en la Compañía Minera MARSA.

➤ **H0:** Implementación de Equipos Mecanizados en la Compañía Minera

MARSA.

- **H1:** Incrementar la Producción en la Compañía Minera MARSA.

#### **4.4. Discusión de resultados**

##### **4.4.1. Resultados del proceso desarrollado 1**

En este sistema se desarrollan los siguientes procesos de producción: Exploración. Desarrollo. Preparación, Explotación, Extracción, Transporte y Tratamiento de Minerales.

La producción de oro estimada para el sistema Mecanizado es de: año 2019 = 49,276.93 onzas de oro con ingreso de 54'093,748.51 dólares. 2020 = 50,427.70 onzas de oro con ingreso de 55'357,013.16 dólares; 2021 = 51,578.48 onzas de oro con ingreso de 56'620,277.80 dólares. 2022 = 52,729.26 onzas de oro con ingreso de 57'883,542.45 dólares; 2023 = 53,880.03 onzas de oro con ingreso de 59'146,807.09 dólares.

La producción de plata estimada para el sistema Mecanizado es de: año 2019 = 104,350.88 onzas de plata con ingreso de 1'494,722.03 dólares; 2020 = 107,491.96 onzas de plata con ingreso de 1'539,714.89 dólares. 2021 = 110,633.05 onzas de plata con ingreso de 1'584,707.75 dólares. 2022 = 113,774.13 onzas de plata con ingreso de 1'629,700.61 dólares. 2023 = 116,915.21 onzas de plata con ingreso de 1'674,693.47 dólares.

Es decir, con incremento de la producción de oro en un 77.95%, plata en 42.55% y los indicadores financieros para 2019 - 2023, indican que el sistema Mecanizado es más rentable que el sistema con Riel.

La tasa interna de retorno o rentabilidad del sistema con riel es de 232.0% y con el sistema Mecanizado es de 328.00% la diferencia de rentabilidad a favor de este último sistema es de 96%.

Los ingresos totales por oro y plata son: año 2019 = 55, 588,471.91 dólares; 2020 = 31,714,32 118 dólares; 2021 = 32, 929,444.10 dólares; 2022 = 34, 1 44,578.00 dólares; 2023 = 35,359,700.92 dólares.

El costo anual en promedio en quo incurre la mina en el sistema Mecanizado es de 8'030,162.8 dólares/año.

En et flujo de caja del sistema. Mecanizado existe una inversión inicial de 1'035,000,000.0 dólares, el valor Presente Neto es mayor que en el sistema con riel. El Valor presente o valor actual neto es de 96'448,562.7, la cual es mayor que cero, entonces el proyecto es rentable o factible según el VPN, se obtuvo un valor de TIR = 328.0%. La razón I3/C indica que el sistema Mecanizado es más rentable que el sistema de riel.

## CONCLUSIONES

- Mediante la implementación del Sistema Mecanizado en la Unidad Minera San Andrés - MARSA, La producción de oro crecerá un 77,95% entre 2019 y 2023, mientras que la de plata lo hará en un 42,55% en ese mismo periodo.
- El sistema de producción actual de la Unidad Minera San Andrés - MARSA es con Riel, produce oro y plata y los exporta en onzas Troy cuyo volumen de producción actual es de 32,325.0 Onzas Troy de oro, y 82,948.3 Onzas Troy de plata.
- Los equipos operativos propuestos en el sistema Mecanizado para aumentar la producción en la Unidad Minera San Andrés - MARSA constituye de (04 unid.) Camiones de tipo volquete Volvo FM 8X4R 15 m<sup>3</sup>, (04 unidades); Dumper o camión de bajo perfil CAT AD30, (02 unidades); compresora IR - 750, (01 unidad); Jumbo eléctrico DD210, (03 unidades); micro pala diesel Sandvik 100D 0.75 yd<sup>3</sup>, (03 unidades); pala diesel Sandvik 2.2 yd<sup>3</sup>, (01 unidad); pala diésel Sandvik 3,5 yd<sup>3</sup>; ventilador axial; Perforadora jumbo Atlas Copco.
- Los indicadores financieros muestran que el sistema mecanizado es más lucrativo que el sistema con Riel. TIR con Riel: 232,0 %; TIR con Trackless: 328,0 %.

## **RECOMENDACIONES**

- La administración MARSA debe tener en cuenta que el sistema de producción actual de Riel todavía es rentable, pero si se desea generar mayor producción de oro y plata es recomendable implementar el Sistema Mecanizado, así mismo está demostrado la factibilidad y rentabilidad del proyecto.
- Adquisición, renovación, innovación y cotización de nuevos equipos para incrementar la producción en la Unidad Minera San Andrés - MARSA; y contratar más profesionales técnicos en la materia que se encarguen del buen uso y funcionamiento del mismo.
- Realizar más exploraciones como en la Zona de Cabana Norte, Inclinaos y en profundización como en la zona de Cachacos; para encontrar más reserva y aplicar este sistema de acuerdo a su geometría.
- Realizar más investigaciones sobre los tipos de maquinarias a implementar para facilitar y adecuar la aplicación de este sistema como equipos modernos especialmente diseñados para su uso en la unidad.
- El área de productividad debe enfocarse más a la realidad como en las operaciones unitarias para agilizar el minado, en un menor tiempo posible, aun costo operativo bajo y tener alta productividad.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

FODA-de-Minera-Yanacocha#

BIRD, Frank E. y George L., Germain. (1998). Liderazgo Práctico en elControl de Pérdidas Instituto de Seguridad del Trabajo, U.S.A.

CARVAJAL D'ANGELO F. Elementos de proyectos de inversión EditorialHozlo S.C.R Ltda. Lima-Perú, 1980

Echavarría, Leandro E. “Geología y mineralización mina Ares”.

EXSA, Manual práctico de Voladura, Lima-Perú, 1990 Gap Analysis-2016-12-21ProtocolReport 2017 DNV GL.  
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/17878>.  
[http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3210/1354\\_2018\\_estela\\_riveralm\\_fain\\_minas.p  
df?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3210/1354_2018_estela_riveralm_fain_minas.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Informe “Gestion De Riesgos Aplicando El Sistema International Safety Rating System (Isrs) Mediante El Proceso 9: Control De Riesgos Y Sus Subprocesos En Dcr Minería”

INSTITUTO INGENIEROS DE MINAS. XIV Convención de Ingenieros de Minas, Lima-Perú, nov. 1978 Manual de Orientación en Gestión de Seguridad.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS Anuario Minero del Perú, Edit.M.E.M, Mayo Lima-Perú, 1996.

Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional D. S. N° 024-2016-EM. Sistema de Clasificación Internacional de Seguridad DNV Sexta Edición

Seiti, H., Hafezalkotob, A., & Fattahi, R. (2018). Extending a pessimistic optimistic fuzzy information axiom-based approach considering acceptable risk: Application in the selection of maintenance strategy. Applied Soft Computing,

67,

895-909.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568494617306804>

Sociedad nacional de Minería, petróleo y energía (29 de mayo de 2023). Publicaciones

del sector minero Los minerales, el hierro.

<https://www.snmpe.org.pe/mineria/publicaciones-del-sector-minero/losminerales/4671-el-hierro-2.html>

Spüntrup, F. S., Dalle Ave, G., Imslund, L., & Harjunkski, I. (2019).

Performancebased maintenance planning for asset fleets. IFAC-PapersOnLine, 52(1), 697-702.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896319302319>

SMRP Best Practices 6th Edition 2009-2020.

<https://www.slideshare.net/VictorMarcos18/smrp-best-practices-6th-edition>

Sueldos del personal de mantenimiento de maquinaria para minería (24 de junio 2024).

Salarios por área en Perú (bumeran.com.pe)

Sueldos actuales de los técnicos de mantenimiento en la empresa San Martín

contratistas (23 de junio 2024). ¿Cómo son los sueldos en San Martín

Contratistas Generales S.A Perú? | Computrabajo



## **ANEXOS**

*Anexo 1.*  
*Sistema de Seguridad*

**PLAN DE SEGURIDAD PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA MECANIZADO EN LA  
UNIDAD MINERA SAN ANDRÉS - MARSA**

1. Para la explotación subterránea Sin Rieles o con Sistema Mecanizado, ie deberá seleccionar el método de minado más seguro luego de haberlo comparado con otras alternativas; cumpliendo, además.
2. Los equipos usados en el Sistema Trackless debe contar con lo siguiente:
  - a) La maquinaria de bajo perfil para la remoción del material derribado deberá tener protector guarda cabezas sólido y resistente a las posibles caídas de roca. Además, deberá estar provista de luces delanteras, posteriores, bocinas y extintor adecuados.
  - b) Los equipos que usen motores a petróleo estarán provistos de dispositivos adecuados para el control de emisión de gases y humos. Si no poseen dichos dispositivos estarán prohibidos de ingresar a la mina. No se permitirá el ingreso a subsuelo a los equipos cuya emisión de gases y humos estén provocando concentraciones por encima de los Límites de Exposición Ocupacional para Agentes Químicos.
  - c) Lee echaderos deben tener un muro & ochenta (80) centímetros de altura y parrillas con una gradiente máxima de seis por ciento (6%) así como una adecuada iluminación.
  - d) Los cruces, cambios y vías de tangentes largas deberán usar un sistema de señales y semáforos para prevenir accidentes de tránsito.
  - e) La abertura de los elementos de la parrilla en los echaderos convencionales de mineral y desmonte estarán colocados con una separación no mayor de veinte (20) centímetros. Para caso de echaderos donde se usa equipos de carga de bajo perfil, las parrillas deberán ser ubicadas con una separación no mayor de cincuenta (50) centímetros.
  - f) Las vías principales de acarreo deberán tener las tolerancias necesarias de un metro por lado para el libre tránsito de los trabajadores.
  - g) No está permitido transportar personal sobre carga de mineral o desmonte, sobre los estribos u otros espacios. En la cabina se transportará sólo el número

## Reglamentario

3. Para el mantenimiento, protección y uso de maquinarias, equipos y herramientas se deberá tener en cuenta lo siguiente:
  - a. Mantener las maquinarias, equipos, herramientas y materiales que se utilice en condiciones de seguridad adecuadas.
  - b. Velar por que los mecanismos de los Equipos a usar tales como: Compresoras, Ventiladores, Scoops, Jumbo Eléctrico, Dumpers, Camiones, Micro scoop, Bolter, Scaler, Bombas, entre otros, sean manejados solamente por el trabajador capacitado y entrenado, especialmente autorizado para ello, para lo cual se tendrá en cuenta el certificado del área de salud ocupacional.
  - c. Proteger las maquinarias, equipos y herramientas adecuadamente.
  - d. Proteger las maquinarias, equipos y herramientas adecuadamente.
4. En el Taller Trackless se cumplirá, también, con lo siguiente:
  - a. Las salas o locales donde funcionen máquinas estacionarias tendrán un tamaño adecuado para la instalación de sus diversos mecanismos; dejando, además, amplio espacio para el movimiento del trabajador encargado de su manejo y reparación.
  - b. Se colocará carteles en sitios visibles indicando, mediante leyendas y dibujos ilustrativos, los posibles peligros que puedan existir y la forma de evitarlos.
  - c. En toda instalación subterránea, la distancia mínima que se dejará entre el punto más sobresaliente de una máquina cualquiera y el techo o paredes será de un (01) metro.
5. Para la operación Equipos sobre neumáticos se tendrá en cuenta lo siguiente:
  - a. Todo equipo mecánico, eléctrico o electromecánico estacionario será operado sólo por trabajadores debidamente capacitados, certificados y autorizados.
  - b. Los equipos móviles que circulen dentro de las áreas de operaciones como Compresoras, Ventiladores, Scoops, Jumbo Eléctrico, Dumpers, Camiones, Micro scoop, Bolter, Scaler, Bombas, entre otros, serán manejados sólo por trabajadores que cuenten con la autorización escrita expedida por el titular minero previo examen referido.
  - c. Se elaborará programas de inspecciones y mantenimiento para los equipos de perforación, carguío, transporte y equipo auxiliar.

- d. Los conductores que salen del área de operaciones con equipos móviles de transporte de personal y carga, deberán ser debidamente seleccionados, capacitados y evaluados mediante exámenes médicos, psicotécnicos, de manejo y reglas de tránsito y seguridad vial, además de contar con licencia de funcionamiento otorgado el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y la autorización por el titular minero con licencias especiales, sin las cuales estarán terminantemente prohibidos de hacerlo.
- e. Antes de proceder al trabajo de mantenimiento o reparaciones se Asegurará que el equipo móvil se encuentre en posición correcta y segura, donde no corra peligro de ser alcanzado por desprendimiento de rocos.
- f. Para poner en operación equipo impulsado por corriente, la conexión a tierra debe estar en óptimas condiciones de uso. Diariamente se inspeccionará la existencia de la posibilidad de ocurrencia de cortocircuito y los accesorios del sistema de conexión a tierra.
- g. Para realinr movimientos de los                    dentro del tajo, el operador empleará el siguiente código de señales auditivas, utilizando el claxon de su maquinaria:
1. Un (01) toque corto                    : Avanzar
  2. Dos (02) toques cortos                : Retroceder
  3. Un (01) toque largo                    : Parada de emergencia.
- h. Para el traslado de los Equipos Trackless por vías en interior mina y superficie, se dispondrá del equipo auxiliar necesario para escoltar (Camioneta). La pala y los cargadores frontales en una rampa se estacionarán orientados hacia la pared en el sentido de bajada de la rampa.
- i. Para el uso nocturno de los equipos, se instalará iluminación necesaria.
6. En el uso del equipo Trackless debe observarse lo siguiente:
- a. El operador efectuará una inspección antes de ponerlo en operación en cada turno de trabajo. No obstante dicha inspección, si detectan durante su funcionamiento defectos que afecten su seguridad, debe detener el equipo inmediatamente y reportarlo a su superior inmediato para corregir las fallas detectadas.
  - b. El equipo móvil debe tener el/los cinturón/es de seguridad en buenas condiciones de operación para que los operadores los utilicen todo el

tiempo.

- c. Tendrán instaladas alarmas de retroceso automáticas en buenas condiciones de funcionamiento.

*Anexo 2.*

*Conversión Kilogramo a Onzas. Troy*

**CONVERSIÓN DE KILOGRAMO A ONZA TROY**

Kilogramos	Onzas Troy
1	32,150746568628
2	64,301493137256
3	96,4522397058839
4	128,602986274512
5	160.75373284314
6	192,904479411768
7	225,055225980396
8	257,205972549024
9	289.356719117652
10	321.50746568628
15	482,26119852942
20	643,01493137256
25	803,768664215699
30	964,522397058839
35	1125,27612990198
40	1286.02986274512
45	1446,78359558826
50	1607,5373284314
60	1929,04479411768
70	2250,56225980396
80	2572,05972549024
90	2893,56719117652
100	3215,0746568628
150	4822,6119852942
200	6430,1493137256
250	8037,68664215699
500	16075.373284314
1000	32150.746568628

Fuente: MARSA.

**Anexo 3.**  
*Matriz de Consistencia*

<b>MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>						
<b>TÍTULO: Implementación de Equipos Mecanizados para Incrementar la Producción en la Compañía Minera MARSA.</b>						
<b>Tesista:</b> Bach. Giovanni Antony YUCRA CABELLO						
<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>TIPO Y NIVEL DE INVEST</b>
<b>GENERAL:</b> ¿Se podrá efectuar la Implementación de Equipos Mecanizados para Incrementar la Producción en la Compañía Minera MARSA? <b>Problemas Específicos</b> A. ¿Se podrá determinar las características de los equipos mecanizados para incrementar la producción de la Compañía Minera MARSA? B. ¿Se podrá analizar la factibilidad de implementar los equipos mecanizados para mejorar la productividad de la Compañía Minera MARSA?	<b>GENERAL:</b> Efectuar la Implementación de Equipos Mecanizados para Incrementar la Producción en la Compañía Minera MARSA. <b>Objetivos Específicos</b> A. Determinar las características de los equipos mecanizados para incrementar la producción de la Compañía Minera MARSA. B. Analizar la factibilidad de implementar los equipos mecanizados para mejorar la productividad de la Compañía Minera MARSA.	<b>GENERAL</b> Si efectuamos la Implementación de Equipos Mecanizados se Incrementar la Producción en la Compañía Minera MARSA <b>Hipótesis Específicas</b> A. Si determinamos las características de los equipos mecanizados podremos incrementar la producción de la Compañía Minera MARSA. B. Si analizamos la factibilidad de implementar los equipos mecanizados mejoraremos la productividad de la Compañía Minera MARSA	<b>INDEPENDIENTE</b> X: Implementación de Equipos Mecanizados en la Compañía Minera MARSA. <b>DEPENDIENTES</b> Y: Incrementar la Producción en la Compañía Minera MARSA.	Planificación Minera  Sistematización de las Operaciones  Operaciones Mineras  Compañía Minera MARSA.	Perforación y Voladura Extracción Rieles Equipos Mecanizados Ciclo de Minado  Extracción Producción	<b>TIPO:</b> Aplicada.  <b>NIVEL:</b> Evaluativa .