

**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales**  
**Escuela Profesional de Ingeniería de Minas**



**Implementación de la jaula del pique 8700 para mejorar la producción en  
la Unidad Minera Orex, Zona Esperanza – 2025**

Tesis presentada por la Bachiller:

**Leocalla Salhua, Aime Vicky**

**ORCID: 0009-0003-6873-1918**

para optar el Título Profesional de Ingeniera de Minas

Asesor (a):

**Mg. Bernedo Tito, Edwin Jose**

**ORCID: 0000-0002-3008-6488**

Arequipa - Perú

2025

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

**INGENIERIA DE MINAS**

**TITULACIÓN CON TESIS**

**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 29 de Junio del 2025

**Dictamen: 012443-C-EPIM-2025**

Visto el borrador del expediente 012443, presentado por:

**2016240412 - LEOCCALLA SALHUA AIME VICKY**

Titulado:

**IMPLEMENTACIÓN DE LA JAULA DEL PIQUE 8700 PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN EN LA  
UNIDAD MINERA OREX, ZONA ESPERANZA - 2025**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

**INGENIERO DE MINAS**

**29388008 - TICSE VILLANUEVA EDWING JESUS  
DICTAMINADOR**



**40656104 - LOPEZ CASAPERALTA DE DIAZ PATRICIA YANETH  
DICTAMINADOR**



**40379481 - PAREDES SALAS OMAR WILLY  
DICTAMINADOR**



# Implementación de la jaula del pique 8700 para mejorar la producción en la Unidad Minera Orex, Zona Esperanza – 2025

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>22%</b> INDICE DE SIMILITUD	<b>20%</b> FUENTES DE INTERNET	<b>5%</b> PUBLICACIONES	<b>10%</b> TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	---------------------------------------

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.uncp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>www.coursehero.com</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.unica.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>dokumen.tips</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repository.javeriana.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>alicia.concytec.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorioacademico.upc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>repositorio.continental.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>10</b>	<b>dspace.unitru.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>11</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>12</b>	<b>www.granma.cubaweb.cu</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>13</b>	<b>Submitted to Universidad Católica de Santa María</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>14</b>	<b>repositorio.unsa.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

## DEDICATORIA

*"A Dios por permitirme vivir cada día y por brindarme la motivación para alcanzar nuevas metas. También agradezco por la salud y la fuerza de voluntad para cumplir mis objetivos y emprender nuevos desafíos."*

*"Agradezco profundamente a mi madre, Irma Salhua Achinquipa, y a mi padre, Zacarias Leoccalla Llamoca, por darme la vida y por creer en mí desde el primer momento, siendo mi fuente constante de motivación y apoyo. También estoy agradecido con mis hermanos, Milton Leoccalla Salhua y Raquel Leoccalla Salhua, por estar siempre a mi lado. A mis padrinos, Raúl Rimache Ríos y Mirian Flores Gonzales, les agradezco por su motivación y por contribuir significativamente a mi desarrollo profesional."*

*A todas aquellas personas que, de una u otra forma, han sido parte de este camino. A quienes me inspiraron con su conocimiento, paciencia y consejos, brindándome siempre su apoyo incondicional. A mi familia, por ser mi pilar y motivación constante, y a mis amigos, por su compañía y aliento en los momentos más desafiantes.*

*Dedico este trabajo a quienes creen en el poder del esfuerzo, la constancia y el aprendizaje, pues cada paso dado en este proceso es reflejo del compromiso y la dedicación que nos impulsan a seguir creciendo.*

## AGRADECIMIENTOS

*Este proyecto es el resultado de un largo camino de esfuerzo, aprendizaje y perseverancia, en el cual han sido fundamentales el apoyo y la guía de muchas personas.*

*Agradezco profundamente a quienes compartieron su conocimiento y experiencia, guiándome en este proceso con paciencia y sabiduría. Su orientación ha sido clave para la culminación de este trabajo.*

*A mi familia, por su amor, comprensión y aliento constante en cada etapa de esta trayectoria académica. Su apoyo incondicional ha sido la base sobre la cual he podido construir este logro.*

*A mis amigos y compañeros, por su compañía, palabras de ánimo y valiosas conversaciones que me motivaron a seguir adelante. Su presencia ha sido fundamental en este recorrido.*

*Finalmente, expreso mi gratitud a todas aquellas personas que, de alguna manera, contribuyeron a este logro, demostrando que el conocimiento se construye con esfuerzo y solidaridad.*

## EPÍGRAFE

*"El éxito no es el final, el fracaso no es fatal: lo que realmente cuenta es el coraje para continuar."*

**Winston Churchill**



## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la Unidad Minera Orex, zona Esperanza, con el propósito de mejorar la producción mediante la implementación de la jaula del pique 8700. Esta unidad enfrenta actualmente dificultades operativas derivadas del uso de escaleras de madera y caminos inclinados para acceder a los niveles profundos de la mina, generando un desgaste físico significativo en los trabajadores y prolongados tiempos de traslado, que afectan directamente la eficiencia operativa y la productividad.

El estudio contempló el análisis de la situación actual de la producción en la zona Esperanza, el diseño técnico de la jaula del pique 8700 y la evaluación de su impacto tras la implementación. Se estableció que el tiempo de descenso del personal desde el nivel 734 hasta las labores mineras es de una hora, y el ascenso toma aproximadamente una hora y treinta minutos. La producción actual registrada es de 1200 toneladas métricas secas mensuales, con una ley de 10 gramos por tonelada.

Tras la implementación de la jaula, se analizó la variación en los tiempos de traslado y su incidencia en la jornada laboral. Además, se desarrolló un modelo económico que incluyó el cálculo del winche de 175 HP, el diseño del sistema de izaje y los costos asociados. Se comparó la producción mensual y anual proyectada posterior a la intervención, evidenciando una mejora operativa.

Finalmente, se concluyó que la instalación de la jaula del pique 8700 optimiza los tiempos muertos de transporte del personal, reduce el desgaste físico de los trabajadores y mejora las condiciones de seguridad, permitiendo una mayor productividad minera y garantizando la continuidad de las operaciones hacia niveles más profundos.

**Palabras clave:** Jaula del pique 8700, producción minera, transporte vertical.

## ABSTRACT

This research was carried out at the Orex Mining Unit, Esperanza zone, with the purpose of improving production through the implementation of the cage hoist at shaft 8700. This unit currently faces operational difficulties due to the use of wooden ladders and inclined paths to access the deeper levels of the mine, which causes significant physical strain on workers and prolonged travel times, directly affecting operational efficiency and productivity.

The study included an analysis of the current production situation in the Esperanza zone, the technical design of the shaft 8700 cage, and an evaluation of its impact after implementation. It was determined that the descent time of personnel from level 734 to the mining areas is one hour, while the ascent takes approximately one hour and thirty minutes. The current recorded production is 1,200 dry metric tons per month, with a grade of 10 grams per ton.

After the cage was implemented, changes in transfer times and their impact on the workday were analyzed. Additionally, an economic model was developed, including the calculation of a 175 HP hoist, the design of the hoisting system, and associated costs. Monthly and annual production projections were compared post-implementation, showing operational improvement.

It was concluded that the installation of the shaft 8700 cage optimizes personnel transport times, reduces physical strain on workers, and improves safety conditions, allowing for greater mining productivity and ensuring the continuity of operations toward deeper levels.

**Keywords:** shaft 8700 cage, mining production, vertical transport.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

EPÍGRAFE

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN ..... 1

CAPÍTULO I ..... 2

1. Planeamiento de la investigación ..... 3

1.1. Planteamiento del problema ..... 3

1.2. Formulación del problema ..... 4

1.3. Objetivos ..... 4

1.3.1. Objetivo general ..... 4

1.3.2. Objetivos específicos ..... 4

1.4. Justificación ..... 4

1.4.1. Práctico ..... 4

1.4.2. Social ..... 5

1.4.3. Económico ..... 5

1.4.4. Metodológico ..... 5

CAPÍTULO II ..... 6

1. Fundamentos Teóricos ..... 7

1.1. Descripción de la mina ..... 7

1.2. Aspectos generales ..... 7

1.2.1. Ubicación ..... 7

1.2.2. Accesibilidad ..... 8

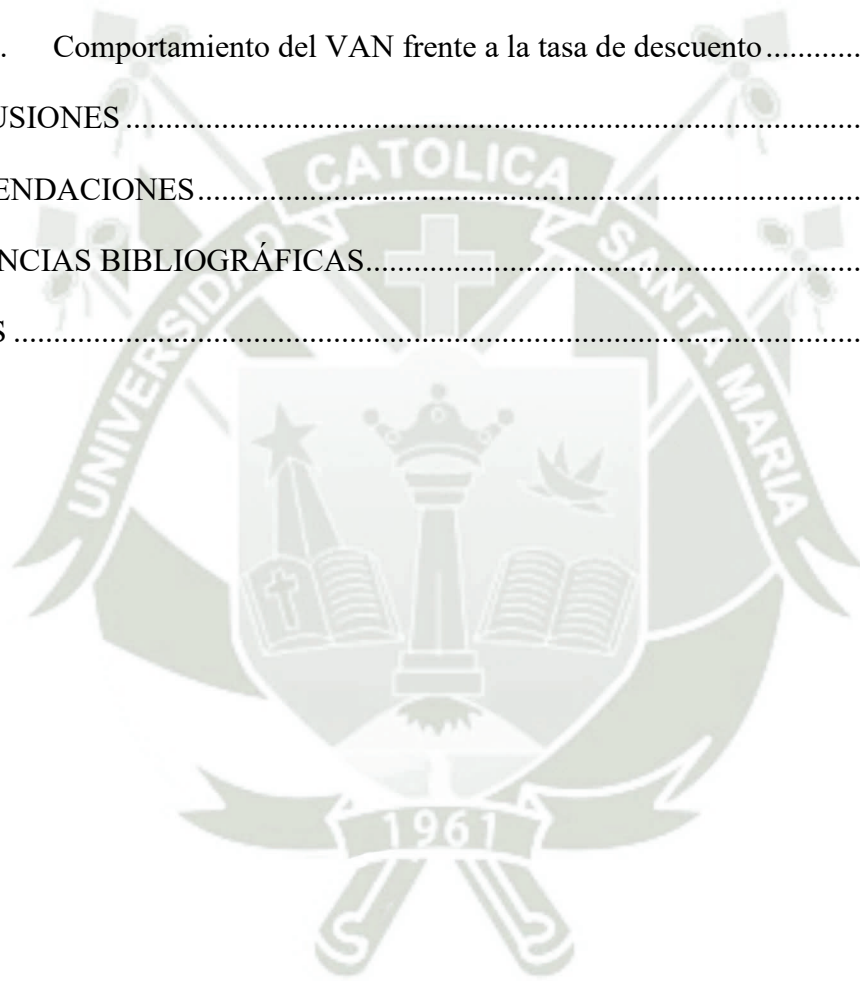
1.2.3. Hidrografía ..... 10

1.2.4. Geomorfología .....	10
1.2.4.1. Valles .....	10
1.2.4.2. Escarpa costera .....	10
1.2.4.3. Meseta costanera.....	11
1.3. Geología local .....	11
1.3.1. Gneis (pe-gn) .....	11
1.3.2. Rocas intrusivas .....	11
1.3.2.1. Granodiorita (km-gd/to-in).....	11
1.3.2.2. Intrusiones menores .....	12
1.3.3. Geología estructural .....	12
1.3.3.1. Generalidades .....	12
1.4. Geología económica.....	13
1.4.1. Paragénesis y eventos de mineralización.....	13
1.4.1.1. Etapa 1 .....	13
1.4.1.2. Etapa 2 .....	13
1.4.1.3. Etapa 3 .....	14
1.4.1.4. Etapa 4 .....	14
1.5. Controles de mineralización.....	14
1.5.1. Control estructural .....	14
1.5.2. Control litológico .....	14
1.5.3. Control mineralógico .....	15
1.6. Aspecto técnico .....	15
1.6.1. Instalaciones de la concesión (zona industrial).....	15
1.6.2. Reservas probadas y probables de mineral .....	15
1.7. Método de minado subterráneo .....	15
1.7.1. Caracterización geomecánica de la roca caja.....	15

1.7.2.	Sistemas de explotación.....	16
1.7.3.	Diseños de dimensiones de los tajeos .....	17
1.7.4.	Carguío de mineral.....	24
1.7.5.	Requerimientos del método .....	25
1.7.6.	Factores a considerar en el diseño .....	25
1.7.7.	Accesos y ventilación .....	26
1.7.8.	Diseño de Labores Mineras. ....	26
1.8.	Disposición de Desmonte.....	28
1.9.	Botaderos.....	29
1.10.	Relleno Sanitario .....	29
1.11.	Antecedentes.....	30
1.11.1.	Internacional .....	30
1.11.2.	Nacional .....	33
1.11.3.	Local .....	36
1.12.	Bases Teóricas .....	37
1.12.1.	Tasa de Extracción de Minerales .....	37
1.12.2.	Implementación de la Jaula del Pique 8700.....	41
1.12.3.	Fundamentos de Ingeniería de Minas .....	44
1.12.4.	Optimización de Procesos Mineros .....	45
1.12.5.	Seguridad en Operaciones Mineras .....	46
1.12.6.	Análisis Económico en Proyectos de Minería .....	48
1.13.	Hipótesis .....	49
1.14.	Variables e indicadores.....	50
CAPÍTULO III.....		51
1.	Marco metodológico.....	52
1.1.	Tipo de investigación .....	52

1.1.1.	Diseño de investigación .....	52
1.1.2.	Nivel de investigación.....	52
1.2.	Población.....	52
1.3.	Fuentes y técnicas para la recolección de información .....	52
1.4.	Procesamiento de la información recolectada .....	53
1.5.	Modelo Estadístico.....	53
CAPÍTULO IV.....		54
1.	Desarrollo de la investigación .....	55
1.1.	Análisis detallado de la situación actual de la producción en la Unidad Minera Orex, zona Esperanza – 2025 .....	55
1.1.1.	Producción actual y distribución por labor actual.....	56
1.1.2.	Problemas operativos: tiempos muertos y desgaste físico.....	61
1.1.3.	Potencial de mejora con la implementación de la Jaula del Pique 8700 .....	62
1.2.	Determinar el diseño de la jaula del pique 8700 en la Unidad Minera Orex, zona Esperanza – 2025.....	63
1.2.1.	Características Técnicas de la Jaula .....	63
1.2.2.	Desarrollo del diseño de implementación.....	67
1.3.	Analizar los tiempos muertos de transporte del personal después de la propuesta de implementación de la jaula del pique 8700.....	69
1.3.1.	Ingreso a la mina y reparto de guardia en el Nivel 734 (11:00 a 11:30).....	70
1.3.2.	Descenso del Nivel 734 hacia la labor minera (11:30 a 11:45).....	70
1.3.3.	Desarrollo de las actividades principales (11:45 a 16:45).....	71
1.3.4.	Descanso (16:45 a 17:15).....	71
1.3.5.	Culminación de las actividades (17:15 a 18:15).....	72
1.3.6.	Ascenso del lugar de trabajo al Nivel 734 (18:15 a 18:30).....	72
1.3.7.	Retiro del Nivel 734 hacia el campamento (18:30 a 19:00) .....	73

1.3.8. Prueba de Hipótesis para Evaluar la Implementación de la Jaula del Pique 8700 en la Unidad Minera OREX, Zona Esperanza - 2025 .....	73
1.4. Comparación de producción.....	76
1.4.1. Producción mensual y anual proyectada.....	76
1.5. Analizar los costos asociados de la implementación de la jaula del pique 8700. ....	78
1.5.1. Análisis por rangos .....	84
1.5.2. Comportamiento del VAN frente a la tasa de descuento.....	87
CONCLUSIONES .....	89
RECOMENDACIONES.....	90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
ANEXOS .....	96



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Itinerario.....	8
Tabla 2 Clasificación del macizo rocoso .....	16
Tabla 3 Labores Mineras .....	27
Tabla 4 Detalle de las rampas .....	28
Tabla 5 Operacionalización de variables .....	50
Tabla 6 Producción actual toneladas métricas húmedas por día y distribución por labor .....	56
Tabla 7 Contexto actual de los tiempos de los trabajadores .....	57
Tabla 8 Contexto de los tiempos de los trabajadores después de la propuesta.....	69
Tabla 9 Producción mensual en toneladas métricas húmedas .....	76
Tabla 10 Datos utilizados para la evaluación económica del proyecto .....	78
Tabla 11 Flujo de caja proyectado con y sin la implementación del proyecto .....	80
Tabla 12 Matriz de sensibilidad según ley de cabeza y precio del oro.....	83
Tabla 13 Análisis de sensibilidad del valor actual neto según la tasa de descuento.....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Vista Sur Oeste - Nor Este del campamento minero San Juan de Chorunga .....	9
Figura 2 Corte y relleno ascendente.....	18
Figura 3 Esquema de preparación de tajeo con chimenea central y alas de 30 m .....	20
Figura 4 Esquema de preparación de tajeo con chimenea laterales dobles y alas de 30 m .....	20
Figura 5 Esquema de preparación de tajeo con chimenea laterales en H y alas de 30 m. ....	21
Figura 6 Esquema de preparación de tajeo con chimenea laterales en H en estéril y alas de 30 .....	21
Figura 7 Esquema de preparación de tajeo con chimenea laterales y subnivel intermedio (variante).....	22
Figura 8 Esquema de preparación de tajeo con chimenea laterales en h en estéril como caminos y alas de 30m con Chimenea buzón intermedio.....	24
Figura 9 Personal descendiendo por la escalera en la zona esperanza .....	55
Figura 10 Tasa interna de retorno .....	87
Figura 11 winche de 175 hp.....	97
Figura 12 Cable winche .....	97
Figura 13 Jaula.....	98

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Fuerza de Tracción.....	65
Ecuación 2 Momento en el Eje del Tambor.....	65
Ecuación 3 Potencia a la Entrada del Reductor .....	66
Ecuación 4 Potencia con Sobrecargas.....	66
Ecuación 5 Conversión de Potencia a HP.....	66
Ecuación 6.....	74



## INTRODUCCIÓN

La minería subterránea es una actividad esencial para la economía, proporcionando los minerales y metales necesarios para numerosas industrias. Sin embargo, este tipo de minería enfrenta desafíos significativos que afectan la eficiencia operativa, la seguridad laboral y la productividad. A nivel internacional, países como España, Italia, Sudáfrica, y varios de América Latina, experimentan problemas similares en sus operaciones mineras subterráneas, tales como tiempos muertos excesivos, altos índices de siniestralidad y baja productividad. Estos problemas se deben en gran medida a la utilización de tecnologías obsoletas y a la falta de modernización en los protocolos de seguridad. (Tecnología Minera, 2021)

En el contexto de la Unidad Minera Ores, ubicada en San Juan de Chorunga, Perú, la situación no es diferente. La explotación aurífera y convencional se ve obstaculizada por el uso de escaleras de madera para el acceso a los niveles profundos de la mina, lo que provoca un desgaste físico considerable en los trabajadores y reduce su rendimiento. Los tiempos muertos, resultantes del prolongado descenso y ascenso, afectan negativamente la eficiencia operativa. Además, la falta de una infraestructura adecuada aumenta los riesgos laborales, comprometiendo la seguridad de los trabajadores. Ante estos desafíos, surge la necesidad imperiosa de reestructurar y modernizar el pique 8700 en la zona Esperanza de la Unidad Minera Ores. La propuesta incluye la instalación de una jaula para el transporte vertical de personal, así como el reforzamiento del castillo del pique. Esta intervención optimizará los tiempos muertos del transporte del personal para lograr una mayor productividad minera.

La presente Investigación se enfoca en diseñar y ejecutar una solución efectiva que permita superar estos desafíos operativos. La implementación de la Jaula del Pique 8700 se presenta como una medida crucial para alcanzar los objetivos planteados, asegurando así una operación minera más eficiente, segura y productiva. Con esta intervención, la Unidad Minera Ores podrá no solo mejorar sus indicadores operativos actuales, sino también prepararse para satisfacer la demanda futura de minerales y afrontar con éxito las presiones del mercado.



## 1. Planeamiento de la investigación

### 1.1. Planteamiento del problema

La Unidad Minera Ores, localizada en San Juan de Chorunga, enfrenta un desafío operativo crítico en sus labores extractivas debido a la ineficiencia del método actual de acceso al interior de la mina. Los trabajadores deben descender desde el Nivel 734 hasta el Nivel 470 utilizando un sistema precario de escaleras de madera combinado con caminos diagonales. Este proceso, que demanda entre 1 hora de descenso a 1 hora y 30 minutos de ascenso, genera un desgaste físico considerable en los trabajadores, lo que afecta negativamente su rendimiento y limita las horas efectivas dedicadas a las tareas de explotación. Este problema no solo impacta la salud y la seguridad de los trabajadores, sino que también reduce la productividad general de la mina. Actualmente, la zona Esperanza registra una producción promedio de 1200.00TMS/mes con una ley de 10 gramos/TM. Sin embargo, con los planes de expansión hacia los niveles 420 y 370 para garantizar la continuidad de las operaciones, las demandas físicas sobre los trabajadores aumentarán, incrementando aún más los tiempos de traslado y, en consecuencia, reduciendo las horas productivas disponibles. Esta situación pone en riesgo la capacidad de la mina para cumplir con sus metas de producción, afectando su competitividad en el mercado. Ante esta situación, se propone la implementación de la Jaula del Pique 8700, un sistema de transporte vertical moderno que reducirá significativamente los tiempos de traslado de personal. Esta tecnología permitirá que los trabajadores accedan a sus puestos de trabajo en un tiempo mucho menor, lo que se traducirá en un incremento directo en la cantidad de horas efectivas disponibles para las labores extractivas. La reducción en los tiempos de traslado también tendrá un impacto directo en el bienestar de los trabajadores, disminuyendo el desgaste físico y aumentando su productividad. Esto contribuirá a maximizar la eficiencia operativa de la unidad minera y permitirá un aumento en la producción mensual, fortaleciendo la sostenibilidad del negocio. Además, el reforzamiento del castillo del pique garantizará la seguridad estructural del sistema, minimizando riesgos y optimizando las condiciones laborales. En un contexto donde la industria minera enfrenta una creciente demanda de minerales y presiones competitivas, la modernización de infraestructuras es esencial para garantizar la sostenibilidad de las operaciones. La implementación de la Jaula del Pique 8700 no solo resolverá el problema de los tiempos muertos y el desgaste físico del personal, sino que también

posicionará a la Unidad Minera Ores como un modelo de innovación tecnológica en el sector minero. Esta inversión estratégica permitirá optimizar el uso del tiempo, incrementar los volúmenes de producción y mejorar significativamente la rentabilidad de las operaciones mineras en el mediano y largo plazo.

## 1.2. Formulación del problema

¿De qué manera la implementación de la jaula del pique 8700 mejora la producción en la Unidad Minera Ores, zona Esperanza, durante el año 2025?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Implementar una jaula del pique 8700 para mejorar la producción en la Unidad Minera Ores, zona Esperanza – 2025.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar la situación actual de la producción de la Unidad Minera Ores, zona Esperanza – 2025.
- Determinar el diseño de la jaula del pique 8700 en la Unidad Minera Ores, zona Esperanza – 2025.
- Analizar los tiempos muertos de transporte del personal después de la implementación de la jaula del pique 8700
- Analizar los costos asociados de la implementación de la jaula del pique 8700..

## 1.4. Justificación

### 1.4.1. Práctico

En términos prácticos, la adecuación del pique 8700 trajo mejoras directas y tangibles en la operación diaria de la mina. La instalación de una jaula redujo significativamente el tiempo necesario para que los trabajadores descendieran y ascendieran a sus lugares de trabajo, disminuyó el desgaste físico y aumentó su eficiencia. Asimismo, el reforzamiento del castillo del pique mejoró la seguridad estructural, reduciendo el riesgo de accidentes. Estas mejoras prácticas resultaron en una operación minera más fluida y segura, beneficiando tanto a la empresa como a los trabajadores.

#### 1.4.2. Social

Desde una perspectiva social, el proyecto tuvo un impacto positivo significativo en la calidad de vida de los trabajadores de la Unidad Minera Ores. Al reducir el desgaste físico y los riesgos laborales, los empleados experimentaron mejores condiciones de trabajo, lo que resultó en una mayor satisfacción laboral y bienestar general. Además, la mejora en la seguridad laboral contribuyó a un entorno de trabajo más seguro, reduciendo la incidencia de accidentes y sus consecuencias para los trabajadores y sus familias.

#### 1.4.3. Económico

Económicamente, la reestructuración del pique 8700 representó una inversión que se recuperó a través de un aumento en la productividad y la eficiencia operativa de la mina. La reducción de tiempos muertos y la mejora en la seguridad laboral contribuyeron a una mayor extracción de mineral, aumentando los ingresos de la empresa. Además, la disminución de incidentes laborales redujo los costos asociados a accidentes y paros operativos. En el largo plazo, estas mejoras incrementaron la competitividad de la Unidad Minera Ores en el mercado.

#### 1.4.4. Metodológico

Metodológicamente, este proyecto adoptó un enfoque sistemático y basado en evidencia para la reestructuración del pique 8700. Se llevaron a cabo evaluaciones preliminares detalladas, diseños técnicos precisos y un proceso de instalación riguroso. Además, se implementó un sistema de monitoreo continuo para evaluar el desempeño de la nueva infraestructura y realizar ajustes necesarios. Este enfoque metodológico aseguró que las mejoras fueran efectivas y sostenibles, proporcionando un modelo replicable para otras operaciones mineras que enfrentaban desafíos similares.



## CAPÍTULO II

## 1. Fundamentos Teóricos

### 1.1. Descripción de la mina

La industria minera es uno de los pilares fundamentales en el desarrollo económico del Perú, y dentro de este contexto, la Unidad Minera Ores, ubicada en la zona Esperanza, se destaca por su contribución a la extracción de minerales preciosos, principalmente oro. El yacimiento se sitúa en la franja metalogenética Nazca-Ocoña, reconocida por su alta concentración de depósitos auríferos. A medida que el año 2025 se aproxima, es crucial realizar un análisis exhaustivo de la situación actual de la producción minera en esta unidad para garantizar su sostenibilidad y mejorar su eficiencia operativa. En los últimos años, la Unidad Minera Ores ha implementado diversas mejoras tecnológicas y operativas para optimizar su capacidad extractiva. Sin embargo, factores como el rendimiento de los equipos, la disponibilidad de recursos humanos y las condiciones geológicas del yacimiento han generado fluctuaciones en los niveles de producción. Este análisis busca evaluar de manera detallada los indicadores clave de producción, incluyendo las toneladas métricas de mineral extraído, la ley del mineral, y el rendimiento operativo, con el fin de identificar áreas de mejora y establecer las bases para futuras optimizaciones. Asimismo, este estudio proporcionará una visión clara del estado actual de la infraestructura minera, las técnicas de extracción utilizadas y su impacto en la productividad general de la unidad. A través de este análisis, se espera ofrecer recomendaciones que permitan a la Unidad Minera Ores no solo alcanzar sus metas de producción para el 2025, sino también fortalecer su posición en el sector minero nacional. (Layme & Phacsi, 2023)

### 1.2. Aspectos generales

#### 1.2.1. Ubicación

El yacimiento está geológicamente situado en el flanco occidental de los Andes del sur del Perú, metalogenéticamente dentro de la franja aurífera Nazca-Ocoña, en el Gran Batolito Costanero del sur del Perú. Se encuentra dentro de las concesiones de Minera Ores SAC, específicamente en su Unidad Minera San Juan de Arequipa.

Situada políticamente en el valle San Juan de Chorunga, distrito de Río Grande, provincia de Condesuyos, en el departamento de Arequipa; ver anexo 1 para el plano de ubicación general. Se encuentra delimitada por las siguientes coordenadas geográficas.

- Latitud: 15° 56' 172" S
- Longitud: 73° 0' 47" W
- Coordenadas UTM
- Coordenada Este 712473
- Coordenada Este 712987
- Coordenada Norte 8236528
- Coordenada Norte 8236070
- Zona 18 Banda L altitud promedio 750 m.s.n.m.
- Datum WGS 84. (Ricse, 2019)

### 1.2.2. Accesibilidad

La región es accesible desde la ciudad de Arequipa, a la cual se puede llegar desde Lima tanto en avión como por vía terrestre. Desde Arequipa, se accede a la unidad minera tomando la carretera Panamericana Sur hasta el poblado de Ocoña, pasando antes por la ciudad de Camaná; desde ahí, se continúa por una trocha carrozable en dirección noroeste hasta alcanzar la mina. La distancia total del recorrido es de 330 km. El itinerario es el siguiente. (Ricse, 2019)

**Tabla 1**  
**Itinerario**

LOCALIDAD	Km.	TIPO DE VÍA	TIEMPO
Arequipa – Ocoña	250	Asfaltado	4 horas
Ocoña – Mina San Juan	80	Trocha carrozable	3 horas
<b>TOTAL</b>	<b>330</b>		<b>7 horas</b>

**Nota: Ricse (2019).**

**Figura 1**

**Vista Sur Oeste - Nor Este del campamento minero San Juan de Chorunga**



**Nota: Ricse (2019).**

### 1.2.3. Hidrografía

La zona se encuentra en la divisoria de la subcuenca de la quebrada Chorunga, que está dentro de la cuenca del río Ocoña, la cual pertenece a la red hidrográfica del océano Pacífico. El área de influencia está clasificada como una región de valle costanero, con una precipitación media anual estimada entre 10 mm y 50 mm. Estas precipitaciones son limitadas y no generan escorrentía directa, excepto durante los meses de avenida. La descarga media anual estimada que llega al área de influencia es de 0.76 m<sup>3</sup>/s. En cuanto a las aguas subterráneas, se ha detectado la presencia de manantiales con diferentes regímenes en la zona. Debido a esto, se encuentran pequeñas parcelas de cultivos y, en algunos casos, viviendas rurales en estas áreas. (Guzmán, 2024)

### 1.2.4. Geomorfología

“A nivel regional, se distinguen tres unidades geomorfológicas principales, las cuales resultaron de los ciclos de erosión causados por el levantamiento de los Andes; estas son” (Guzmán, 2024).

#### 1.2.4.1. Valles

Las diferentes etapas de erosión han dado lugar a numerosas quebradas y profundos valles que fluyen hacia la costa. Los ríos descienden de la Cordillera Occidental, formando valles como el Ocoña y Caravelí, con pendientes suaves y lechos amplios, desembocando en el Océano Pacífico. En las laderas de estos valles, la actividad erosiva es reducida debido a su gradiente suave y la presencia de rocas intrusivas. (Guzmán, 2024).

#### 1.2.4.2. Escarpa costera

Esta unidad se refiere al relieve formado por la cadena costera, donde las diversas cumbres alcanzan alturas de entre 600 y 1400 metros (en la zona de estudio). Estas cumbres acaban abruptamente en el Océano Pacífico, y las playas litorales son casi inexistentes, salvo en las desembocaduras de los grandes valles. Dichas escarpas están compuestas por rocas antiguas, como las metamórficas, graníticas y sedimentarias, con edades que van desde el Precámbrico hasta el Mesozoico. (Guzmán, 2024).

#### 1.2.4.3. Meseta costanera

Forma parte de la llanura costera, caracterizada por un relieve bajo y ondulado con una suave pendiente hacia el suroeste, y se eleva abruptamente al noreste, donde conforma los flancos de la Cordillera Andina. Litológicamente, la llanura de Caravelí está compuesta por depósitos continentales y marinos del Terciario-Cuaternario, resultado de diversos ciclos de erosión, lo que ha dejado cerros aislados de baja altura. Esta unidad geomorfológica está limitada al este por la Cordillera Occidental y al oeste por la Cordillera de la Costa, formando parte de la depresión tectónica longitudinal que se extiende a lo largo de toda la faja costera entre Ica y Tacna, casi paralela a la línea de la costa. (Guzmán, 2024).

### 1.3. Geología local

#### 1.3.1. Gneis (pe-gn)

La mayor exposición de estas rocas metamórficas se localiza a lo largo del río Ocoña. Mineralógicamente, estos gneis presentan una composición granítica, con un predominante tono gris verdoso oscuro y bandas intercaladas claras y oscuras de entre 0.5 a 0.2 cm de grosor. Estudios petrográficos revelan que están compuestos por ortosa en un 15% - 20% y plagioclasas en aproximadamente un 10%. En la margen izquierda del río Ocoña, al sur del pueblo de Piuca, estas rocas aparecen como techos colgantes sobre intrusivos. Esta secuencia litológica tiene un espesor de 150 metros, se le atribuye una antigüedad correspondiente al Precámbrico y es parte del Complejo Basal. (Quispe, 2024)

#### 1.3.2. Rocas intrusivas

##### 1.3.2.1. Granodiorita (km-gd/to-in)

Es la roca más común en el Batolito de la costa y está ampliamente distribuida en el área de estudio. En su superficie fresca, presenta un color que va del gris claro al blanquecino, mientras que en superficies intemperizadas adquiere un tono grisáceo. Además, en ciertas zonas, las granodioritas contienen xenolitos dioríticos. (Quispe, 2024)

### 1.3.2.2. Intrusiones menores

#### 1.3.2.2.1. Dique de Andesita (Tms-an)

Diques de composición andesítica se encuentran intruyendo las rocas granodioríticas, con direcciones predominantes E-O y buzamientos variables, a veces verticales. Estos diques presentan longitudes y anchos diversos y están vinculados a estructuras mineralizadas, sugiriendo que han transportado soluciones mineralizadas con contenido aurífero. La composición de estas andesitas incluye un 80% de plagioclasas sódicas, 5% de biotita, 5% de hornblenda, 2% de piroxenos, así como 8% de arcillas y pirita, sin presencia de cuarzo. Se diferencian dos tipos de diques según su textura: uno denominado andesita de textura porfirítica, de color gris oscuro con fenocristales de plagioclasa en una matriz afanítica; y otro tipo de andesita de textura afanítica, que varía de gris oscuro a negro. Estos diques muestran diferentes grados de alteración hidrotermal (propilitización, piritización, silicificación). Se presume que su emplazamiento ocurrió durante el Terciario Inferior a medio. (Guzmán, 2024)

### 1.3.3. Geología estructural

#### 1.3.3.1. Generalidades

La Falla Choclón es el rasgo estructural más destacado de la zona, con sistemas de fracturas principales orientados NO-SE, variando entre N 80° O y N 75° O, y un buzamiento vertical. Estas fracturas son seguidas por una zona de cizallamiento y otras fracturas casi perpendiculares. La Falla Choclón actúa como conducto y localizador para las vetas del sistema NO-SE, que están rellenas con soluciones mineralizadas procedentes de la intrusión y contienen cuarzo, pirita, y valores de oro en microfracturas dentro de los cristales de pirita. Estos sistemas han causado un fuerte cizallamiento del intrusivo, formando estructuras secundarias como fracturas de tensión, simoides, flexuras y colas de caballo, muchas de las cuales están mineralizadas.

- SISTEMA NE- SW; Constituido por fractura, fallas y vetas de rumbos que van de N 20° E a N 70° E y buzamientos altos al NW. El sistema de mayor exposición en toda el área y es de importancia económica por constituir.

- SISTEMA NW- SE; son estructuras con rumbos que oscilan entre N 60° W a N 70° W con buzamientos altos al NE.
- SISTEMA E – W; estructuras con rumbo predominante E- W con buzamientos altos. (Ricse, 2019)

## 1.4. Geología económica

### 1.4.1. Paragénesis y eventos de mineralización

La relación mineralógica se expresa en términos de tiempo (orden cronológico). Si las condiciones cambian progresivamente, un mineral puede derivar de otro previo y transformarse en un tercero debido a la recristalización. Los estudios con microscopía, mapeo detallado, observación de campo e interpretación permiten discutir la secuencia paragenética, apoyados por los informes N°582-LPM de Luis De Montreuil 8-1979. La secuencia paragenética fue inicialmente realizada por el Ing. Pedro Hugo Tumialán y Abel Ballón 1982, y es la siguiente. (Ricse, 2019)

#### 1.4.1.1. Etapa 1

Después de los eventos tectónicos que crearon las fracturas posteriormente llenadas por la primera etapa del cuarzo, se produjo la sericización de las cajas en profundidad. Posteriormente, durante la primera etapa de la formación de pirita, se depositaron minerales como la propia pirita y pequeñas cantidades de galena y calcopirita. En este proceso, también ocurrieron alteraciones propilíticas y argílicas, lo que permitió que el oro nativo se emplazara rellenando microfracturas dentro de la pirita, galena y cuarzo. (Ricse, 2019)

#### 1.4.1.2. Etapa 2

Durante esta fase se desarrolla la segunda etapa del cuarzo y la pirita. En este punto, el oro aparece como electrum y en bajas concentraciones. Además, vale la pena señalar que tanto la pirita como el cuarzo contienen menos oro en comparación con la primera etapa. (Ricse, 2019)

### **1.4.1.3. Etapa 3**

El reemplazo de los metales base se manifiesta en la deposición en áreas específicas y en las profundidades de los minerales como esfalerita, calcopirita, galena y pequeñas cantidades de pirrotita. Un aumento significativo de estos minerales en esta fase podría indicar el autosellado del sistema hidrotermal y posiblemente marcar el fin del proceso de mineralización de oro. (Ricse, 2019)

### **1.4.1.4. Etapa 4**

Finalmente, debido a la meteorización, los minerales hipógenos se transforman en minerales supergénicos. Los minerales supergénicos son aquellos que se forman cerca de la superficie terrestre debido a procesos secundarios como la oxidación y la enriquecimiento secundario. Estos procesos suelen alterar los minerales primarios preexistentes, generando nuevas fases minerales y a menudo concentraciones económicas de metales. (Ricse, 2019)

## **1.5. Controles de mineralización**

### **1.5.1. Control estructural**

Las vetas son parte de un sistema común de lazo sigmoide, el cual ha sido influenciado por movimientos distensivos de tipo sinistral. Además, el continuo movimiento de las vetas principales en relación con las tensionales ha producido varias vetas tipo Riedel de corta longitud. Es crucial señalar que tanto la veta como los diques forman lazos sigmoides horizontal y verticalmente, respectivamente. En las zonas donde la veta tiene una mayor inclinación, incrementa su grosor y ley, siendo sinistral. De esta manera, al cambiar su orientación hacia el sur, sus valores en contenido de oro aumentan. (Tristán et al, 2012)

### **1.5.2. Control litológico**

La veta Mercedes presenta diques andesíticos y monolíticos solamente en su parte este, mientras que en el lado oeste se encuentra encajonada en intrusivos que exhiben un fracturamiento de leve a moderado. En los lazos sigmoides, ubicados principalmente al norte, la roca caja es intrusiva con fracturamiento leve. (Tristán et al, 2012)

### 1.5.3. Control mineralógico

La veta contiene minerales comunes como pirita, calcopirita y cuarzo blanco y gris, con diseminación de pirita fina, que indica la zona económica. La pirita cristalizada en la veta y las cajas sugiere un evento previo a la mineralización, lo cual es poco rentable. (Tristán et al, 2012)

## 1.6. Aspecto técnico

### 1.6.1. Instalaciones de la concesión (zona industrial)

El campamento minero se ubica en el poblado de San Juan, dentro de la concesión minera, y cumple con todos los requisitos y comodidades necesarios. El polvorín, utilizado para almacenar explosivos, pertenece a nuestra concesión y cumple con las normas vigentes según el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional D.S. N° 024-2016-EM y su modificación D.S. N° 023-2017. Además, contamos con talleres de mantenimiento mecánico y eléctrico de 250 m<sup>2</sup> cada uno para mina, planta, proyectos y otros servicios. (Ministerio de Energía y Minas, 2024)

### 1.6.2. Reservas probadas y probables de mineral

El yacimiento mineral es de oro y plata, con pirita aurífera como su mineral principal. Los afloramientos del yacimiento están expuestos a lo largo de toda su extensión, excepto en algunas zonas que están cubiertas por material eluvial y coluvial del Cuaternario. Las vetas tienen formas tabulares y lenticulares tipo rosario, y están emplazadas dentro de rocas intrusivas como la granodiorita. (Ricse, 2019)

## 1.7. Método de minado subterráneo

### 1.7.1. Caracterización geomecánica de la roca caja

Las principales rocas encontradas en el entorno de la Veta Esperanza son Granodiorita-Tonalita, pertenecientes a la Unidad Incahuasi del Batolito de la Costa. Estas rocas intrusivas actúan como las rocas encajantes que contienen la mineralización aurífera, caracterizada por vetas de cuarzo con sulfuros diseminados de pirita. El macizo granodiorítico está atravesado por un conjunto de rocas hipoabisales más jóvenes, de naturaleza subvolcánica, en forma de diques andesíticos y pequeños apófisis, que acompañan la mineralización. En la mayoría de los casos, estas rocas encajantes están alteradas en los contactos con las

estructuras vetiformes y las estructuras subvolcánicas (diques andesíticos). Para la clasificación geomecánica, se aplicó el criterio de Bieniawski (RMR – Evaluación del Macizo Rocoso – 1989) y el sistema de clasificación GSI de Hoek&Brown, correlacionado con el índice Q de Barton. Los resultados de la clasificación del macizo rocoso en Veta Esperanza se presentan en los siguientes cuadros.

**Tabla 2**  
**Clasificación del macizo rocoso**

LITOLOGÍA	RMR	RMR PROMEDIO	CALIDAD
Mineral	26-57	42	Regular
Falsa caja Granodiorita	25-37	30	Mala
Falsa caja Dique	20-35	25	Mala
Intrusivo	43-58	49	Regular
<b>Dique</b>	<b>30-45</b>	<b>35</b>	<b>Mala</b>
LITOLOGÍA	RMR	GSI	Q
Mineral	42	37	0.8
Falsa caja Granodiorita	30	25	0.2
Falsa caja Dique	25	20	0.1
Intrusivo	49	44	1.7
<b>Dique</b>	<b>35</b>	<b>30</b>	<b>0.4</b>

**Nota: Ricse (2019).**

Según los parámetros geomecánicos revisados, se determina el método de explotación, tipos de labores de exploración, desarrollo y preparación, diseño de sostenimiento y ubicación de las labores de acceso. El desarrollo debe ubicarse en la caja del techo y los bypass a una distancia mínima de 10m a 12m de la veta. El avance del minado debe ser ascendente para una mayor recuperación del mineral y mejor estabilidad de las excavaciones superiores. Es crucial controlar el ciclo y velocidad de explotación y la voladura, que puede afectar la estabilidad de las excavaciones. En vetas angostas, los taladros de producción se realizan paralelos a las cajas para minimizar el efecto de la voladura del macizo rocoso. (Ricse, 2019)

### 1.7.2. Sistemas de explotación

Una vez caracterizada la geomecánica de la roca y el mineral especificado en el cuadro anterior, así como el buzamiento predominante de entre 75° y 80° de inclinación de la veta explotada, se determinó que el método de minería subterránea utilizado en la unidad minera fue el de “corte relleno ascendente”, empleando relleno detrítico. Debido a que la veta es angosta, con una potencia que varía entre

0.1 m y 0.6 m, se implementó un control de selectividad riguroso durante el proceso de minado para minimizar la dilución. Los trabajos de preparación del tajeo se abordaron en dos escenarios: uno que incluyó la ejecución de bypasses y cruceros, y otro que se realizó mediante galerías.

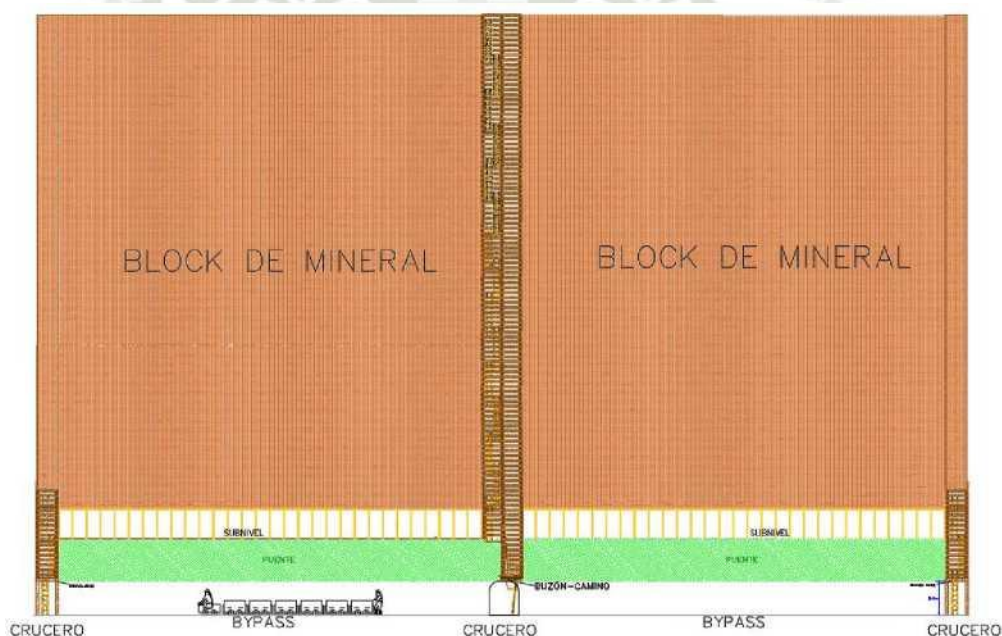
- En el primer escenario, se desarrollaron bypasses paralelos a la estructura de la veta, desde los cuales se iniciaron cruceros que interceptaron la veta mineralizada, permitiendo el acceso a esta. Este desarrollo permitió la continuidad de los subniveles de preparación, proporcionando información sobre las leyes del mineral, la potencia y la caracterización del macizo rocoso. Posteriormente, se construyó una chimenea central para ventilación, servicios y relleno, conectando con un nivel superior, lo que marcó la culminación de la primera etapa. Además, se construyeron chimeneas laterales en las alas del tajo, de acuerdo con la clasificación geomecánica, con el fin de obtener mayor certeza geológica y configurar bloques de mineral más pequeños, pero con mejores valores de ley. Estas chimeneas sirvieron también como sistemas de ventilación y relleno, ya que su ejecución en una estructura con buzamiento constante facilitó su operación eficiente.
- En el segundo escenario, cuando la exploración se realizó mediante galerías, se omitieron los bypasses, y los subniveles de preparación se desarrollaron por encima de la galería, dejando un puente de aproximadamente 3 metros, dependiendo de la evaluación geomecánica. Posteriormente, se ejecutó una chimenea central hacia el nivel superior, que exploró la veta en altura y sirvió para ventilación y servicios. En este caso, la necesidad de relleno fue cubierta con el material extraído durante el corte debido a la potencia adecuada de la veta. (Ricse, 2019)

### 1.7.3. Diseños de dimensiones de los tajeos

Las dimensiones de los tajos con el método de explotación “Corte Relleno Ascendente” en la zona de la veta Esperanza son de 60 metros de largo, con una altura que varía entre 40 y 50 metros. En la configuración del diseño de los tajos, se considera la construcción de una chimenea en la parte central del bloque, diseñada en forma de “H”. Esta chimenea central cumple la función de echadero o buzón de mineral, ventilación y servicios. Además, se contemplan dos chimeneas

laterales que sirven como accesos, permitiendo una explotación continua durante todos los cortes. En otra configuración del diseño para los tajos, las chimeneas laterales se construyen de nivel a nivel, también en forma de “H”, y se emplean para ventilación, servicios y relleno, siempre que la geometría de la veta lo permita. Adicionalmente, existe un diseño de minado que incluye una chimenea central de doble compartimiento, que se desarrolla de nivel a nivel y se usa para ventilación, servicios y relleno. En este caso, las chimeneas laterales se extienden únicamente hasta el subnivel y se ejecutan de manera vertical conforme el minado asciende con el corte.

**Figura 2**  
**Corte y relleno ascendente**



**Nota: Ricse (2019).**

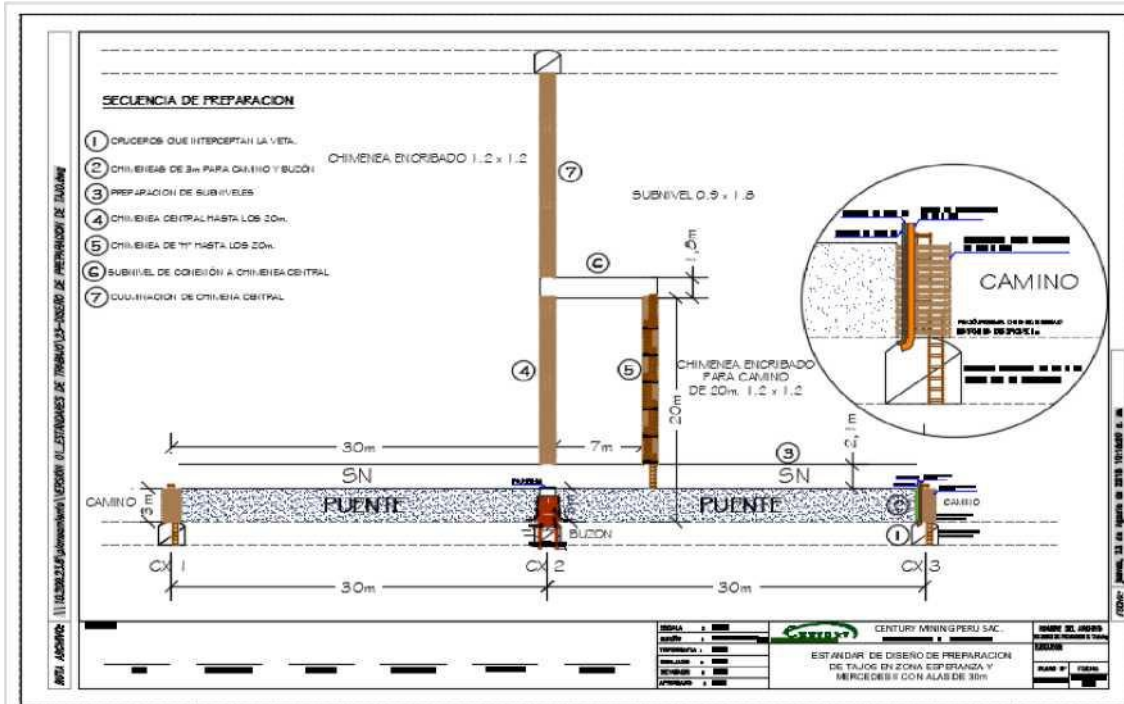
Para las áreas consideradas en el plan de minado, como las zonas “150”, “Cero” y “Millonaria”, que cuentan con un macizo rocoso de mejor calidad, clasificado como tipo IV, y con un menor encampane, las dimensiones de los tajos a explotarse también son de 40 metros. En estos tajos, se contempla la construcción de una chimenea central en forma de "H" o dos chimeneas laterales de doble compartimiento con alturas de entre 40 y 50 metros. Ambas configuraciones de chimeneas cumplen funciones de servicios, ventilación y relleno. Estos 40 metros, en las zonas donde la limpieza se realiza de manera manual, se subdividen en dos

alas de 20 metros cada una, con un buzón central, aplicable a cualquiera de las configuraciones mencionadas previamente. En las zonas donde se emplea winche para la limpieza, los tajos se dividen en alas de 30 metros, igualmente con un buzón central, manteniendo la misma configuración de chimeneas, ya sea central o laterales. En cuanto a las operaciones de los tajeos de producción, se ejecutan perforaciones y voladuras tanto en forma vertical como horizontal, dependiendo de la potencia de la veta y la estabilidad de las cajas del techo y del piso. Para tajos con potencias de veta menores a 30 centímetros, se utiliza perforación vertical, acompañado de relleno detrítico. En estos casos, se realizan desquinches o descajes hacia la caja del piso, con el fin de rellenar el espacio vacío dejado por la extracción del mineral, y la sección de este tipo de tajeo es de 0.60 x 1.80 metros. Por otro lado, los tajos con potencias de veta mayores a 0.30 metros, llegando incluso a más de 1 metro, se realizan mediante perforación horizontal tipo breasting. Este método permite un mayor volumen de producción debido al mayor ancho de minado y la presencia de una cara libre en la parte inferior, sobre el corte anterior. En estos tajos se emplea predominantemente madera para aplicar sostenimiento a las cajas y la corona de la labor, usando en su mayoría cuadros cojos o cuadros completos según la evaluación geomecánica. La sección del corte en este tipo de labor alcanza dimensiones de 1 x 2.10 metros. El relleno utilizado es de tipo detrítico, el cual proviene de las labores de desarrollo que están en desmonte, así como del desmonte de algunas alas pobres o submarginales en el corte, con el objetivo de rellenar los espacios vacíos dejados por la extracción del mineral. (Ricse, 2019)

1.7.3.1. Diseño de Método de explotación “Corte Relleno Ascendente”

Figura 3

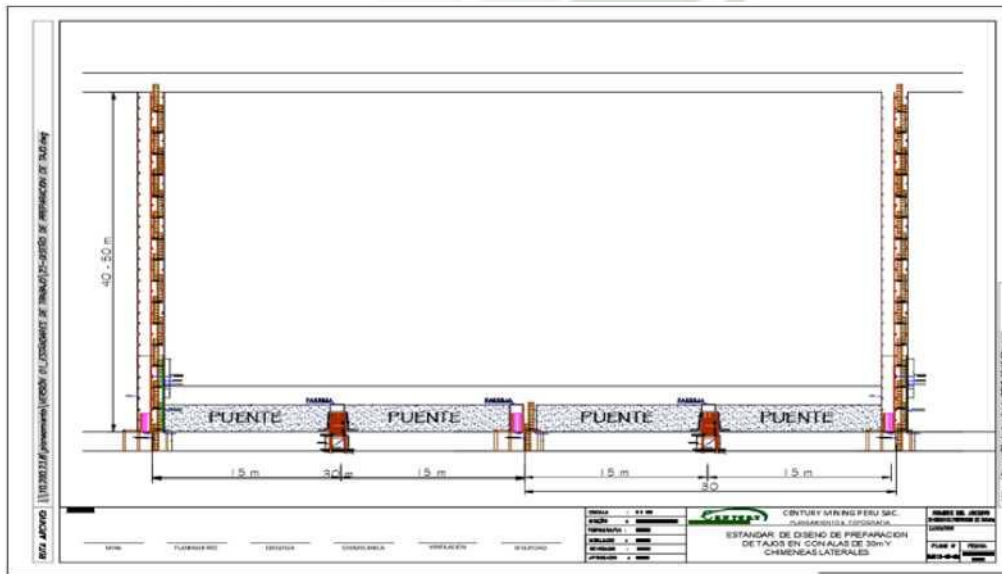
Esquema de preparación de tajeo con chimenea central y alas de 30 m



Nota: Guzmán (2024).

Figura 4

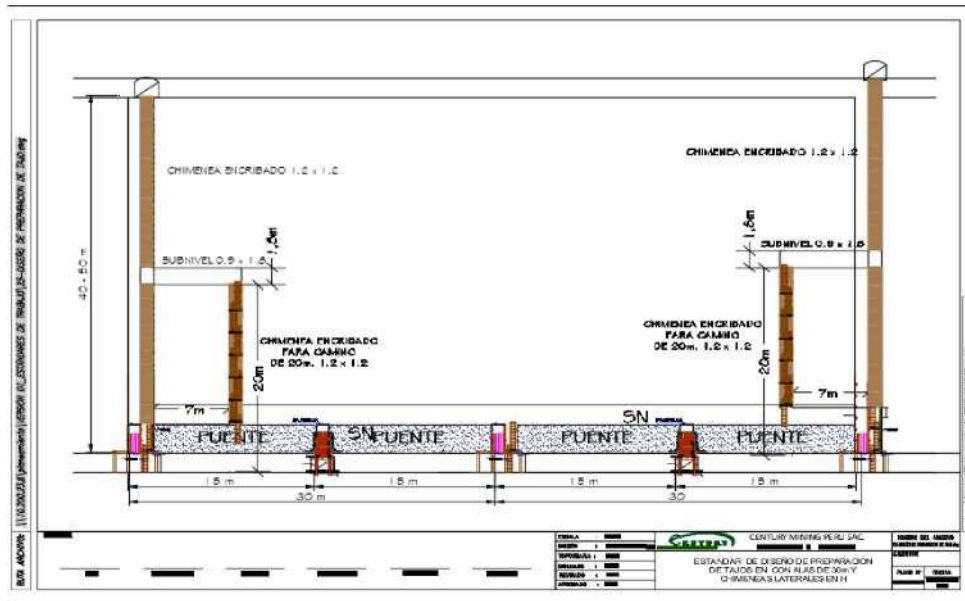
Esquema de preparación de tajeo con chimenea laterales dobles y alas de 30 m



Nota: Ricse (2019).

Figura 5

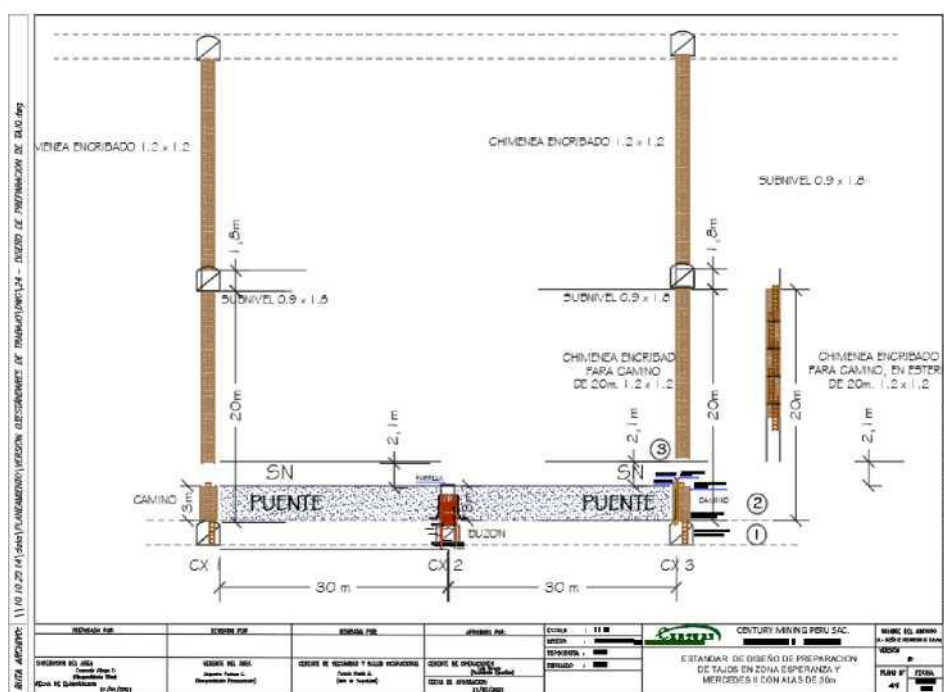
Esquema de preparación de tajeo con chimenea laterales en H y alas de 30 m.



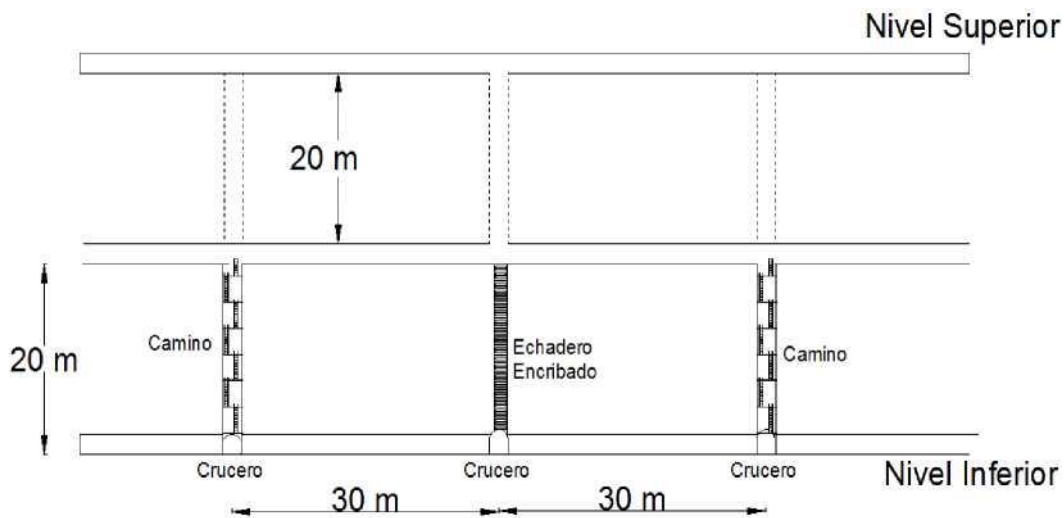
Nota: Ricse (2019).

Figura 6

Esquema de preparación de tajeo con chimenea laterales en H en estéril y alas de 30



Nota: Ricse (2019).

**Figura 7****Esquema de preparación de tajeo con chimenea laterales y subnivel intermedio  
(variante)**

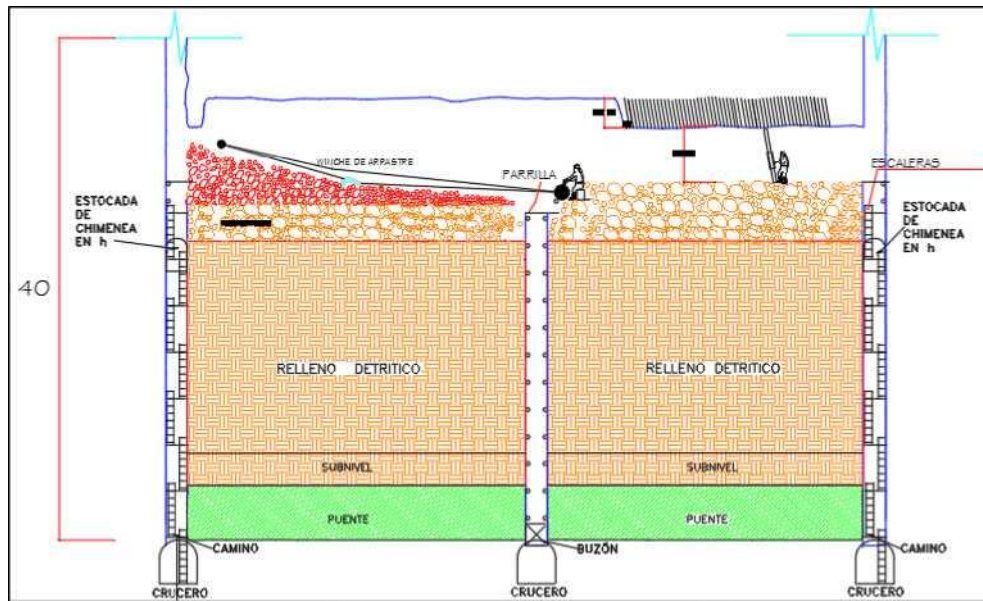
**Nota: Ricse (2019).**

El método de explotación descrito consiste en dividir el cuerpo mineralizado en sectores o paneles aptos para el laboreo, permitiendo arrancar el mineral a partir de subniveles previamente ejecutados como preparación. Una vez estos subniveles están listos, se inicia el proceso de explotación a través de disparos realizados con perforaciones verticales u horizontales, dependiendo de las condiciones del tajeo. Después de la voladura, el mineral es extraído mediante limpieza con winche de arrastre, depositándolo en la chimenea o echadero de mineral. Desde allí, el mineral es transportado por locomotoras en el nivel de extracción hasta los echaderos. En el caso de los tajos de profundización, el mineral se iza utilizando skips de 1 m<sup>3</sup> de capacidad a través de los piques. La preparación de este método incluye previamente la construcción de bypasses, crucesos, chimeneas y subniveles. Una vez completada esta infraestructura, se puede proceder con la explotación del tajeo. La perforación se realiza utilizando taladros paralelos, ya sea en breasting o en perforación vertical, con taladros de una profundidad de 1.20 a 1.50 metros. Se controla cuidadosamente el diseño de la perforación y la dosificación de la carga explosiva para evitar dañar el macizo rocoso y reducir el factor de dilución del mineral. Las locomotoras a baterías, con capacidades de 1.50 y 3.50 toneladas, acceden a los crucesos desde

el eje del bypass (BP), y transportan el mineral a los echaderos o desmorte. Posteriormente, el mineral es izado a través de los piques para su procesamiento. Este método es aplicable en cuerpos de mineral y vetas con potencias reducidas, entre 0.10 y 0.80 metros. Las condiciones geomecánicas deben ser favorables, con paredes y techos estables y firmes. Si las condiciones del terreno no son adecuadas, se debe diseñar un sistema de sostenimiento que permita llevar a cabo el minado de manera eficiente. El mineral puede ser de calidad variable (competente o incompetente), y el ángulo de buzamiento de la veta debe ser mayor a  $60^\circ$ . Generalmente, este método se aplica en yacimientos verticales, con formas y dimensiones tanto regulares como irregulares. Aunque es un método que permite controlar la dilución del mineral, su costo es mayor en comparación con otros métodos como el sublevel caving o el block caving. La altura de los tajos en este método varía entre 40 y 50 metros. Toda la explotación se realiza sobre relleno detrítico, que se va acumulando de nivel a nivel a medida que la explotación progresa hacia arriba. Es fundamental evitar dejar espacios vacíos, ya que pueden provocar inestabilidad y derrumbes, especialmente considerando que el terreno está clasificado como tipo IV y, en algunos casos, tipo V. Por esta razón, el uso de madera como elemento de sostenimiento es esencial y determinante para la estabilidad de las labores. (Ricse, 2019)

**Figura 8**

**Esquema de preparación de tajeo con chimenea laterales en h en estéril como caminos y alas de 30m con Chimenea buzón intermedio**



**Nota: Ricse (2019).**

#### 1.7.4. Carguío de mineral

En el proceso de explotación del tajeo, el mineral cae por gravedad y es arrastrado mediante un winche de arrastre hacia el echadero de mineral. Una vez en el echadero, el mineral es cargado en carros mineros U-35 (balancines) y transportado hacia los echaderos principales de cada nivel. La locomotora, con su convoy de carros, ingresa desde el bypass y se dirige hacia los cruces para recoger el mineral de los buzones. Desde allí, el mineral es transportado hacia la superficie. En un escenario, el mineral es extraído directamente desde las tolvas del pique; en otro, es descargado en los echaderos principales, para luego ser izado hasta el nivel principal para su procesamiento o almacenamiento. (Ricse, 2019)

### 1.7.5. Requerimientos del método

El método de explotación requiere la siguiente configuración estructural y condiciones geotécnicas:

- Estructura mineralizada con orientación semivertical, con un buzamiento mínimo de  $60^\circ$ , que debe exceder el ángulo de reposo del mineral, el cual es mayor a  $45^\circ$ .
- Roca mineral y de caja debe ser competente; en caso de que sea inestable, se deben aplicar principios geomecánicos de sostenimiento.
- Bordes de la veta pueden ser regulares o irregulares, y la mineralización puede ser errática.
- Perforación se realiza con martillos de diámetros que varían entre 32 mm y 41 mm, dependiendo de la profundidad del taladro y la calidad de la roca. Las longitudes de los taladros oscilan entre 1.20 y 1.80 metros, pudiendo realizarse tanto perforación horizontal como vertical.
- Factor de dilución para potencias menores a 0.30 m varía entre 40% y 50%, debido al material diluyente proveniente de la pared colgante y el techo.
- Factor de dilución para potencias mayores a 0.30 m oscila entre 50% y 80%, también a causa del material diluyente de la pared colgante y el techo.
- Nivel de preparación minera elevado, ya que las preparaciones se realizan directamente en mineral.
- Productividad del método es de entre 1.2 y 2.0 toneladas por hombre por guardia, debido a que se trata de la explotación de vetas angostas y en terrenos inestables. (Ricse, 2019)

### 1.7.6. Factores a considerar en el diseño

Para la realización de los diseños se tomó como referencia los siguientes parámetros:

- Estabilidad de labores.
- Dimensiones de los equipos de carguío palas neumáticas.
- Capacidad de producción.
- Capacidad de izaje, carguío y transporte.
- Cantidad de desarrollos.
- Seguridad. (Guzmán, 2024)

### 1.7.7. Accesos y ventilación

Es fundamental disponer de accesos en ambos extremos del tajo, es decir, a través de las chimeneas que lo limitan, especialmente en el caso de una veta. Estos accesos se utilizarán como vías para el traspaso de materiales, equipos, personal y para la ventilación. Generalmente, se debe implementar un circuito de ventilación artificial en la mayoría de los casos, a fin de garantizar una adecuada circulación del aire dentro del tajo. Sin embargo, cuando se tienen varios tajos contiguos, es posible utilizar una sola chimenea de ventilación, la cual estará conectada a la galería superior de uno de los tajeos. De esta manera, se creará un **\*\*circuito de ventilación natural\*\*** mediante las chimeneas, permitiendo un flujo continuo y eficiente de aire en toda la zona de trabajo. (Ricse, 2019)

### 1.7.8. Diseño de Labores Mineras.

Para la elección de las dimensiones de las secciones tipo en el interior de la mina, se define en función del tamaño de los equipos que se utilizarán en las labores. Además, se debe considerar 1 metro adicional para el libre tránsito de los trabajadores, conforme a lo establecido en la normativa de seguridad minera. A continuación, se presentan las dimensiones de los laboreos, ajustadas según los equipos y el espacio necesario para la circulación segura del personal. Estas medidas incluyen tanto la altura como el ancho de las galerías, rampas y otras secciones, garantizando un entorno adecuado para las operaciones subterráneas y la movilidad de los trabajadores. (Ricse, 2019)

**Tabla 3**  
**Labores Mineras**

<b>T. Labor</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Altura (m)</b>
BP	BY PASS	2,10	2,40
CX	CRUCERO	2,10	2,40
GAL P.	GALERIA.	2,10	2,40
PQ	PIQUE	3,00	1,50
CHS	CHIMENEA SIMPLE	1,20	1,20
CHD	CHIMENEA DOBLE	1,20	2,40
INC	INCLINADO	2,40	2,40
RC	RAISE CLIMBER	2,00	2,00
SN	SUB NIVEL	0,90	2,10
CA	CAMARAS. DE SONDAJE	3,50	3,50
SE	SUB-ESTACIONES ELECTRICAS	3,50	3,00
RP	RAMPA	4,00	4,00
RP	RAMPA	3,00	3,00
<b>CA</b>	<b>CAMARAS AUXILIARES</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>

De acuerdo con lo mencionado en los planes de minado presentados desde 2021, se ha ejecutado una rampa principal y posteriormente una rampa auxiliar en la zona de Mercedes. Estas rampas han sido fundamentales para mejorar el acceso y la operación en dicha área. Los detalles técnicos específicos de la construcción de estas rampas, como las dimensiones, inclinación, soporte, y materiales utilizados, se encuentran detallados en la **tabla 4**, la cual contiene la información relevante sobre su desarrollo y las características que se han considerado durante su ejecución. Estas rampas han permitido mejorar la eficiencia en la extracción de mineral y el transporte de equipos, materiales y personal, cumpliendo con las especificaciones establecidas en los planes de minado y las normativas de seguridad.

**Tabla 4**  
**Detalle de las rampas**

<b>Tipo</b>	<b>Rampa principal</b>	<b>Rampa auxiliar</b>
Detalles	RP8524W	RP8458E
Zona	Zona Mercedes	Zona Mercedes
Sección	4m x 4m	3m x 3m
Gradiente Prom.	(-) 13%	(-) 15 %
Nivel de Inicio	Nv 734	Nv 690
Cota de Inicio	733.9 m.s.n.m.	693 m.s.n.m.
Inicio	Superficie	CX8422N
<b>Estado de ejecución</b>	<b>Stand By</b>	<b>En ejecución</b>

### 1.8. Disposición de Desmonte

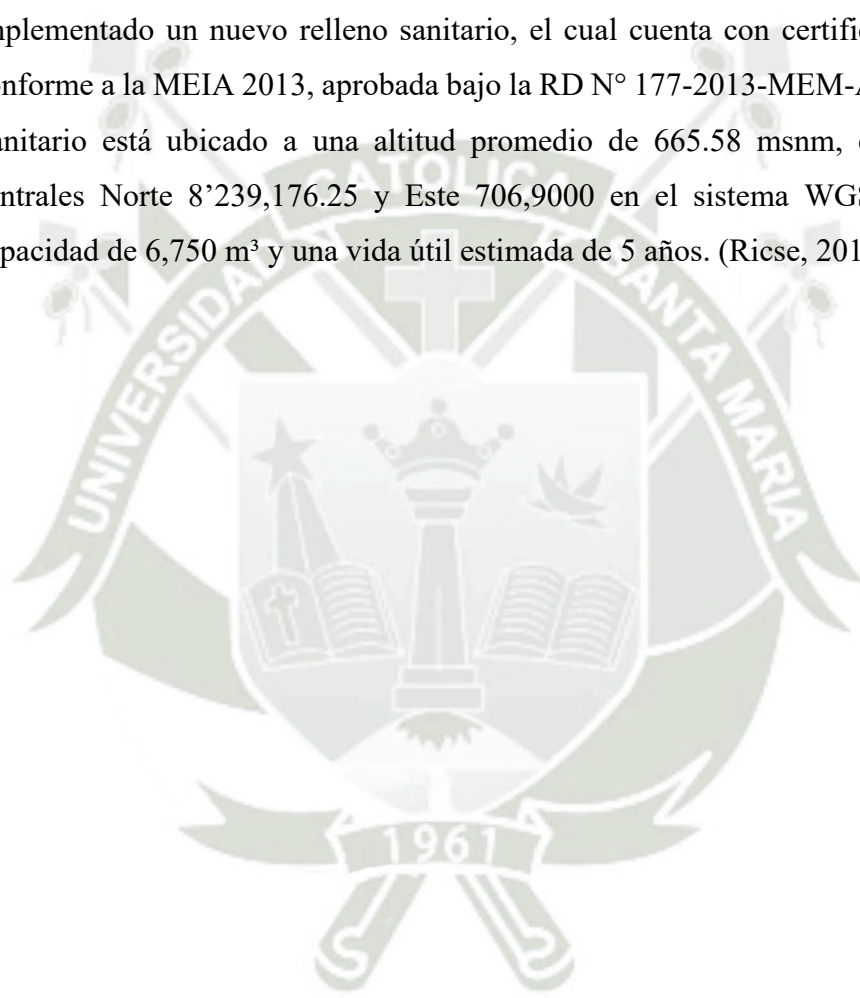
El material generado durante la ejecución de las labores de desarrollo, preparación y exploración, denominado “desmonte de avances” (material estéril o detrítico), debido a que no presenta potencial de acidez, es aprovechado para diversas aplicaciones en la operación minera. Este material es utilizado principalmente para el relleno de tajos explotados bajo el método de corte y relleno, en labores de rehabilitación, y también para la construcción de infraestructuras que refuerzan la estabilidad de los taludes y diques. Específicamente, este desmonte es empleado en la construcción del dique de contención o contradique para reforzar la estabilidad del talud del depósito de relaves N°3. Asimismo, será utilizado en los trabajos de reforzamiento y optimización de la estabilidad física del talud de los depósitos de relaves CIL N°3 y N°4, así como en la construcción del dique y contradique del relleno sanitario que está previsto ser construido durante el presente año. La proporción de distribución de este material dependerá de la necesidad que exista en cada momento, ya sea para el relleno de tajos explotados o para trabajos de reforzamiento y contención en los diques, así como para la optimización física de los taludes en los depósitos de relave CIL N°3 y N°4. (Ricse, 2019)

### 1.9. Botaderos

Para este propósito, se gestionó y obtuvo la autorización de construcción de la desmontera “Avispa”, la cual ya cumple con la función de recibir el material estéril generado a partir de los avances en exploración, preparación y desarrollo.

### 1.10. Relleno Sanitario

Para el desarrollo de las actividades de la U.M. San Juan de Chorunga, se ha implementado un nuevo relleno sanitario, el cual cuenta con certificación ambiental conforme a la MEIA 2013, aprobada bajo la RD N° 177-2013-MEM-AAM. El Relleno Sanitario está ubicado a una altitud promedio de 665.58 msnm, con coordenadas centrales Norte 8'239,176.25 y Este 706,9000 en el sistema WGS 84. Tiene una capacidad de 6,750 m<sup>3</sup> y una vida útil estimada de 5 años. (Ricse, 2019)



## 1.11. Antecedentes

### 1.11.1. Internacional

Hill, Roy implementó sistemas automatizados en su mina de hierro, incluyendo jaulas de extracción avanzadas, con el objetivo de mejorar la producción y la seguridad. La metodología incluyó la recolección de datos pre-implementación, la instalación de sistemas automatizados, la capacitación del personal y el monitoreo post-implementación. Los resultados mostraron un incremento del 18% en la tasa de extracción, con la producción mensual aumentando de 15,000 toneladas a 17,700 toneladas; reducción de tiempos muertos en un 20% y aumento de la velocidad de transporte en un 22% (de 180 m/min a 220 m/min); reducción de incidentes laborales en un 25%. La conclusión destaca que la implementación de sistemas automatizados en Roy Hill resultó en una mejora significativa en la producción y seguridad, demostrando la efectividad de estas tecnologías. (Hill, 2021)

Glencore, implementó sistemas de extracción avanzados en la Mina Kidd para mejorar la productividad y la seguridad. La metodología incluyó un análisis de la situación inicial, la implementación de nuevas tecnologías, la capacitación del personal y la evaluación de resultados. Los resultados mostraron un incremento del 12% en la tasa de extracción, con la producción mensual aumentando de 12,500 toneladas a 14,000 toneladas; reducción de costos operativos en un 15% y optimización del consumo de energía en un 10%; disminución de incidentes laborales en un 30%. La conclusión señala que la implementación de tecnologías avanzadas mejoró notablemente la productividad y la seguridad, validando la inversión en innovación tecnológica. (Glencore , 2022)

AngloGold Ashanti, implementó jaulas de extracción avanzadas en la Mina Mponeng para evaluar su impacto en la productividad y la seguridad. La metodología consistió en la recolección de datos basales, la instalación de equipos modernos, la capacitación del personal y el análisis de impacto. Los resultados mostraron un aumento del 10% en la tasa de extracción, con la producción mensual incrementada de 9,000 toneladas a 9,900 toneladas; reducción de tiempos muertos

en un 18% y aumento de la velocidad de transporte en un 20% (de 150 m/min a 180 m/min); reducción de incidentes laborales en un 35%. La conclusión afirma que la modernización con jaulas de extracción avanzadas mejoró significativamente la producción y la seguridad. (AngloGold Ashanti, 2021)

Codelco, implementó tecnologías de automatización avanzada en la Mina Chuquicamata con el objetivo de mejorar la productividad y reducir los riesgos laborales. La metodología incluyó la evaluación inicial, la implementación de sistemas automatizados, la capacitación intensiva del personal y un seguimiento exhaustivo de los resultados. Los resultados mostraron un aumento del 20% en la tasa de extracción, con la producción mensual incrementada de 30,000 toneladas a 36,000 toneladas; reducción de costos operativos en un 15% y mejora en la seguridad laboral con una reducción del 40% en incidentes. La conclusión destaca que la adopción de tecnologías de automatización en Chuquicamata no solo aumentó la productividad, sino que también mejoró significativamente la seguridad operativa. (Codelco, 2021)

Freeport-McMoRan, implementó un sistema de jaulas de extracción avanzado en la Mina Grasberg para aumentar la eficiencia y seguridad. La metodología incluyó un estudio inicial, la instalación de equipos de última generación, la formación del personal y la monitorización de los resultados. Los resultados mostraron un incremento del 17% en la tasa de extracción, con la producción mensual aumentando de 25,000 toneladas a 29,250 toneladas; reducción de tiempos de inactividad en un 18% y mejora en la seguridad laboral con una reducción del 35% en incidentes. La conclusión señala que la modernización tecnológica en Grasberg resultó en mejoras significativas en la producción y seguridad. (Freeport-McMoRan, 2022)

Teck Resources, implementó jaulas de extracción automatizadas en la Mina Red Dog con el objetivo de aumentar la eficiencia y seguridad operativa. La metodología incluyó la recopilación de datos preliminares, la instalación de sistemas automatizados, la capacitación del personal y el análisis de desempeño post-implementación. Los resultados mostraron un incremento del 14% en la tasa de extracción, con la producción mensual aumentando de 22,000 toneladas a 25,080 toneladas; reducción de costos operativos en un 10% y mejora en la seguridad laboral con una reducción del 30% en incidentes. La conclusión destaca que la implementación de tecnología automatizada en la Mina Red Dog mejoró tanto la producción como la seguridad. (Teck Resources, 2023)

Rio Tinto, implementó jaulas de extracción avanzadas en la Mina Oyu Tolgoi para optimizar la producción y mejorar la seguridad. La metodología consistió en la evaluación inicial, la instalación de nuevos sistemas, la capacitación del personal y el seguimiento de los resultados. Los resultados mostraron un incremento del 16% en la tasa de extracción, con la producción mensual aumentando de 18,000 toneladas a 20,880 toneladas; reducción de costos operativos en un 11% y mejora en la seguridad laboral con una reducción del 32% en incidentes. La conclusión afirma que la implementación de tecnología avanzada en Oyu Tolgoi resultó en mejoras notables en la eficiencia y seguridad operativa. (Rio Tinto, 2021)

Rio Tinto, modernizó los sistemas de extracción en la Mina Bingham Canyon para aumentar la eficiencia y la seguridad. La metodología incluyó la recolección de datos iniciales, la instalación de nuevos equipos, la capacitación del personal y el seguimiento post-implementación. Los resultados mostraron un incremento del 15% en la tasa de extracción, con la producción mensual incrementada de 40,000 toneladas a 46,000 toneladas; reducción de costos operativos en un 12% y mejora en la seguridad laboral con una reducción del 33% en incidentes. La conclusión destaca que la modernización de los sistemas de extracción en Bingham Canyon mejoró significativamente la producción y la seguridad. (Rio Tinto, 2020)

Palabora Mining Company, implementó tecnologías de automatización avanzada en la Mina Palabora con el objetivo de aumentar la producción y la seguridad. La metodología incluyó la implementación de sistemas de extracción automatizados, la capacitación del personal y la evaluación de impacto. Los resultados mostraron un aumento del 13% en la tasa de extracción, con la producción mensual aumentando de 20,000 toneladas a 22,600 toneladas; reducción de costos operativos en un 11% y disminución de incidentes laborales en un 27%. La conclusión indica que la modernización con tecnología avanzada en Palabora resultó en mejoras en la eficiencia y seguridad. (Palabora Mining Company, 2021)

Glencore, llevó a cabo una actualización tecnológica en la Mina Mount Isa con el objetivo de mejorar la eficiencia y seguridad operativa. La metodología incluyó la instalación de equipos modernos, la capacitación del personal y la evaluación de los resultados. Los resultados mostraron un incremento del 19% en la tasa de extracción, con la producción mensual aumentando de 28,000 toneladas a 33,320 toneladas; reducción de costos operativos en un 14% y disminución de incidentes laborales en un 20%. La conclusión destaca que la implementación de nuevas tecnologías en Mount Isa resultó en mejoras significativas en la producción y seguridad. (Glencore, 2022)

### 1.11.2. Nacional

Antamina, adoptó jaulas de extracción avanzadas para mejorar la producción y la eficiencia operativa. La metodología incluyó la recolección de datos pre-implementación, la implementación de nuevas tecnologías, la capacitación y ajustes, y el monitoreo y análisis. Los resultados mostraron un incremento del 18% en la tasa de extracción, con la producción mensual aumentada de 20,000 toneladas a 23,600 toneladas; reducción de costos operativos en un 12% y optimización del consumo de energía en un 8%; disminución de incidentes laborales en un 28%. La conclusión señala que la implementación de estas tecnologías resultó en mejoras significativas en la producción, eficiencia y seguridad operativa. (Antamina, 2020)

Ramos, Milton en su estudio realizado en la mina Challhuamayo, ubicada en Ituata, Moquegua, Perú, exploró la optimización de la extracción de mineral usando un winche de izaje. El objetivo fue incrementar la producción minera y la metodología incluyó la implementación del winche y la evaluación de los resultados. Antes de la implementación, la producción era de 6.03 TM por guardia, la cual aumentó a 22.68 TM por guardia con el nuevo método, mostrando una significancia estadística en el aumento de la producción del 276%. Concluye que la optimización del sistema de izaje es altamente efectiva para incrementar la producción minera. (Ramos, 2021)

Concepción, Luis en su tesis desarrollada en la Universidad Tecnológica del Perú, diseñó un winche de izaje con una capacidad de 10 toneladas métricas para aplicaciones en minicentrales hidroeléctricas ubicadas en zonas montañosas con pendientes rocosas. Utilizó métodos, normas y software de simulación por elementos finitos para asegurar la viabilidad del diseño y mejorar la eficiencia y seguridad del montaje hidromecánico en estas instalaciones. Los resultados mostraron una mejora del 35% en la eficiencia del montaje y una reducción del 25% en los riesgos operativos. Concluye que el diseño propuesto es viable y mejora significativamente la operación en minicentrales hidroeléctricas. (Concepción, 2021)

Juan de Dios, Rommel presentó el diseño de un winche de izaje con un tambor para la extracción de 20,000 toneladas mensuales en la mina Sotrami S.A., Ayacucho, enfatizando en la necesidad de un sistema eficiente y seguro. La metodología incluyó el diseño mecánico y la selección de componentes críticos, asegurando la capacidad de manejo de las cargas propuestas y optimizando el proceso extractivo. Los resultados indicaron una mejora del 45% en la capacidad de manejo de cargas y una reducción del 20% en los tiempos de extracción. Concluye que el diseño del winche es eficiente y seguro, mejorando significativamente la capacidad extractiva de la mina. (Juan de Dios, 2021)

Medina, Jan Carlos; Saavedra, Juan en su trabajo desarrollado en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, exploraron la aplicación de herramientas Lean y de control de procesos para optimizar la producción de winches de izaje en la industria metalmecánica. Implementaron herramientas de calidad, 5S y Kanban, logrando eliminar reprocesos y controlar la variabilidad en la fabricación, resultando en un aumento de productividad del 15% y una reducción de costos del 45%. Concluye que las herramientas Lean son efectivas para mejorar continuamente las operaciones en el sector metalmecánico. (Medina & Saavedra, 2023)

Apaza, Elvis en su estudio en la Universidad Nacional del Altiplano, optimizó la extracción vertical del pique 7801 mediante la implementación de un nuevo winche de izaje. Se eliminaron los tiempos muertos y se mejoró la capacidad de extracción de 30.9 ton/g a 56.52 ton/g, incrementando la producción en 82.9% y mejorando significativamente la eficiencia y costos operativos. Concluye que la optimización del sistema de izaje es una estrategia efectiva para mejorar la producción y eficiencia operativa. (Apaza, 2020)

Scotto, Carlos; Uribe, Jose Ignacio en su estudio en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, evaluaron la mejora de la productividad en el pique 110 de la unidad minera La Verdosa mediante la implementación de un sistema mecanizado de izaje. Se redujo el costo operativo por tonelada métrica en un 42.9% y se mejoró la velocidad de los ciclos de izaje en un 7.02%. Concluye que la mecanización del sistema de izaje optimiza significativamente la eficiencia y reduce los costos. (Scotto & Uribe, 2023)

Choque, Juan Carlos en su trabajo en la Universidad Tecnológica del Perú, evaluó el sistema de izaje en la veta Mercedes y propuso un nuevo sistema para incrementar la producción. Utilizó un diseño inclinado Nuevo Century con un ángulo de 30°, concluyendo que este sistema optimiza la extracción y aumenta la capacidad de manejo de las cargas propuestas, mejorando la eficiencia operativa.

Los resultados mostraron un incremento del 30% en la producción y una reducción del 25% en los costos operativos. (Choque, 2021)

Cruz, Edwin en su estudio en la Universidad Nacional de Trujillo, optimizó el sistema de izaje en la minera Artesanal La Soledad, incrementando la producción de 15.1 toneladas por guardia a 19.2 toneladas por guardia, representando un incremento del 27%. Los costos operativos se redujeron de 13.27 USD/ton a 9.31 USD/ton, una disminución del 29.84%, mejorando significativamente la rentabilidad y eficiencia operativa. Concluye que la optimización del sistema de izaje es una estrategia efectiva para incrementar la producción y reducir costos. (Cruz, 2023)

### 1.11.3. Local

Demmanuel, Jesus en su proyecto realizado en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, investigó la profundización del pique inclinado 494 en la mina La Españolita, específicamente en la veta Anita. Se realizó un mapeo geomecánico y el diseño del pique conforme al Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional. La evaluación económica mostró un VAN de 2,241,078.47 US\$ y una TIR de 198.29%, con una inversión inicial de 90,300 US\$ y un plazo de 9 meses, demostrando la viabilidad del proyecto. Se concluye que la profundización del pique con el nuevo sistema de izaje es económicamente viable y altamente rentable. (Demmanuel, 2022)

Freeport-McMoRan, modernizó los sistemas de extracción en la Mina Cerro Verde para mejorar la producción y la seguridad. La metodología incluyó la recolección de datos iniciales, la instalación de nuevos equipos, la capacitación del personal y el monitoreo post-implementación. Los resultados mostraron un incremento del 15% en la tasa de extracción, con la producción mensual aumentada de 18,000 toneladas a 20,700 toneladas; reducción de costos operativos en un 10% y mejora en la eficiencia energética en un 9%; reducción de incidentes laborales en un 30%. La conclusión destaca que la modernización de los sistemas de extracción mejoró la producción, eficiencia y seguridad, validando la inversión en tecnología avanzada. (Freeport-McMoRan, 2020)

Palomino, Frank en su estudio en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, abordó la optimización del sistema de izaje del Inclinado 420 en la Unidad Minera Esperanza. Utilizando un diseño experimental y cuantitativo, demostró que la implementación del nuevo sistema incrementó la extracción diaria en un 52%, aumentando la producción a 504 toneladas por día y reduciendo los costos de extracción a 0.93 \$/ton. Concluye que la optimización del sistema de izaje es eficaz para incrementar la capacidad de extracción y reducir costos. (Palomino, 2023)

## 1.12. Bases Teóricas

### 1.12.1. Tasa de Extracción de Minerales

La tasa de extracción de minerales se refiere a la cantidad de mineral extraído de una mina en un período específico, y es un indicador fundamental en la industria minera. Esta tasa determina la eficiencia de las operaciones de extracción y tiene un impacto directo en la rentabilidad y sostenibilidad de las operaciones mineras. (Ricse, 2019)

Según Newman et al (2020), la optimización de la tasa de extracción se logra mediante el uso de tecnologías avanzadas, métodos de extracción innovadores y una planificación eficiente. La modernización de equipos y la adopción de prácticas mineras sostenibles también contribuyen a mejorar esta tasa, permitiendo una explotación más eficiente de los recursos disponibles. Un aumento en la tasa de extracción puede llevar a una mejora significativa en la producción total de una mina. Esto no solo implica mayores ingresos para la empresa minera, sino también una mejor utilización de los recursos y una reducción en el desperdicio de material.

Smith, J; Brown, K (2020), destacan que la implementación de sistemas de izaje eficientes, como la jaula del pique 8700, puede aumentar la capacidad de extracción diaria, mejorando así la productividad global de la mina. La tecnología juega un papel crucial en este aspecto, permitiendo una extracción más precisa y rápida.

Además, la tasa de extracción de minerales está estrechamente vinculada a la sostenibilidad y la gestión ambiental de las operaciones mineras. Una extracción eficiente no solo maximiza la producción, sino que también minimiza el impacto ambiental, reduciendo la cantidad de residuos y mejorando la gestión de los recursos. Según investigaciones recientes, la adopción de prácticas mineras sostenibles y la implementación de tecnologías avanzadas pueden aumentar la tasa de extracción en un 15-20%, demostrando la importancia de la innovación tecnológica en la industria minera. (Garcia & Lee, 2024)

### 1.12.1.1. Eficiencia Operativa

La eficiencia operativa en la minería es un factor crítico que determina la capacidad de una empresa para utilizar sus recursos de manera óptima y maximizar la producción mientras minimiza los costos. La eficiencia operativa puede mejorarse mediante la implementación de tecnologías avanzadas, la optimización de procesos y una gestión adecuada del tiempo y los recursos humanos. Según Porter M, la eficiencia operativa es esencial para la competitividad en el sector minero, y las empresas que logran optimizar sus operaciones pueden reducir costos significativamente y aumentar la producción. (Porter, M, 2019)

La optimización de la eficiencia operativa implica una evaluación continua de los procesos y la implementación de mejoras donde sea necesario. La adopción de herramientas de gestión de la calidad, como Lean y Six Sigma, puede ayudar a identificar y eliminar ineficiencias en el proceso de producción. Johnson, P; Evans, T señalan que la implementación de sistemas automatizados y la digitalización de las operaciones mineras son estrategias clave para mejorar la eficiencia. Estas tecnologías permiten un monitoreo en tiempo real de las operaciones, lo que facilita la toma de decisiones y la optimización del flujo de trabajo. (Johnson & Evans, 2021)

Además, la capacitación y motivación del personal son fundamentales para lograr una alta eficiencia operativa. Los trabajadores bien entrenados y motivados pueden realizar sus tareas de manera más eficiente y segura, contribuyendo a la productividad general de la mina. Las empresas mineras deben invertir en programas de formación continua y en la creación de un ambiente de trabajo seguro y motivador. Según estudios recientes, la mejora en la eficiencia operativa puede aumentar la producción en un 10-15% y reducir los costos operativos en un 20-25%. (Robbins & Judge, 2019)

### 1.12.1.2. Producción Minera

La producción minera es el resultado final de todas las actividades de extracción y procesamiento de minerales, y es un indicador clave de la eficiencia y productividad de una mina. La producción se mide en términos de la cantidad total de mineral extraído y procesado durante un período determinado. Este indicador puede ser influenciado por varios factores, incluyendo la calidad del mineral, la eficiencia de los equipos de extracción y la habilidad y experiencia del personal operativo. Una producción minera eficiente requiere una combinación de tecnología avanzada, procesos optimizados y una gestión efectiva de los recursos. (Thompson, 2020)

La mejora en la producción minera generalmente se logra mediante la modernización de equipos y la implementación de técnicas de extracción avanzadas. La tecnología juega un papel crucial en este aspecto, permitiendo una extracción más precisa y rápida de los minerales. La jaula del pique 8700, por ejemplo, es una innovación tecnológica que puede aumentar significativamente la capacidad de extracción y, por lo tanto, la producción total de la mina. La implementación de equipos de extracción avanzados puede aumentar la producción en un 15-20%, mejorando así la rentabilidad de las operaciones mineras. (Garcia & Lee, 2024)

Además de la tecnología, la capacitación continua del personal también es fundamental para mejorar la producción minera. Los trabajadores bien entrenados y experimentados pueden operar los equipos de manera más eficiente y segura, lo que contribuye a aumentar la producción total. Las empresas mineras deben invertir en programas de formación y desarrollo para asegurar que su personal esté actualizado con las últimas tecnologías y prácticas de la industria. Un estudio reciente mostró que la capacitación continua puede mejorar la producción minera en un 10-15%, destacando la importancia de invertir en el desarrollo del personal. (Smith & Brown, 2020)

### 1.12.1.3. Rendimiento de los Trabajadores

El rendimiento de los trabajadores en la minería está relacionado con la productividad individual y colectiva de los empleados, y es un factor determinante en la eficiencia y éxito de las operaciones mineras. Factores como la capacitación, la motivación, las condiciones laborales y la gestión del talento influyen significativamente en el rendimiento. Robbins y Judge afirman que el rendimiento puede mejorarse mediante la implementación de programas de incentivos, la creación de un ambiente de trabajo seguro y la promoción de la formación continua. En la minería, un alto rendimiento de los trabajadores es crucial para asegurar la operación fluida y segura de las actividades extractivas. La motivación de los trabajadores es un componente esencial del rendimiento. Los programas de incentivos y las recompensas pueden motivar a los empleados a trabajar de manera más eficiente y a mantener altos niveles de productividad. Además, la creación de un ambiente de trabajo seguro y saludable es fundamental para el bienestar y la motivación del personal. Según estudios, las empresas que invierten en la seguridad y el bienestar de sus empleados pueden ver un aumento en el rendimiento del 20-30%. Un entorno de trabajo seguro no solo protege a los empleados de accidentes, sino que también reduce el estrés y mejora la satisfacción laboral. (Robbins & Judge, 2019)

La capacitación y el desarrollo continuo son igualmente importantes para mantener y mejorar el rendimiento de los trabajadores. Las empresas mineras deben proporcionar oportunidades de formación regular para asegurarse de que su personal esté al tanto de las últimas tecnologías y prácticas de la industria. La formación continua permite a los trabajadores mejorar sus habilidades y conocimientos, lo que se traduce en un mejor rendimiento y una mayor productividad. Según investigaciones, la capacitación continua puede aumentar el rendimiento de los trabajadores en un 15-20% y reducir los errores y accidentes en el lugar de trabajo. (Smith & Brown, 2020)

### 1.12.2. Implementación de la Jaula del Pique 8700

La implementación de la jaula del pique 8700 se refiere a la instalación de un sistema de izaje avanzado diseñado para mejorar la eficiencia y seguridad de las operaciones mineras. Este sistema permite una extracción más rápida y segura de minerales, reduciendo el tiempo de transporte y aumentando la capacidad de extracción. La jaula del pique 8700 es conocida por su robustez y capacidad de manejo de grandes volúmenes de mineral, lo que la convierte en una opción viable para minas de alta producción. La tecnología avanzada de este sistema contribuye significativamente a la optimización de las operaciones mineras. (Miller, 2023)

La jaula del pique 8700 no solo mejora la eficiencia de la extracción, sino que también ofrece importantes ventajas en términos de seguridad laboral. Este sistema reduce el riesgo de accidentes asociados con el transporte de mineral, al ofrecer una operación más controlada y segura. Davis P destaca que la implementación de tecnologías avanzadas en el sistema de izaje puede reducir los incidentes de seguridad en un 25-30%. La mejora en la seguridad no solo protege a los trabajadores, sino que también aumenta la productividad al minimizar los tiempos de inactividad causados por accidentes. (Davis, 2021)

Además de la eficiencia y seguridad, la implementación de la jaula del pique 8700 puede tener un impacto positivo en los costos operativos. Aunque la inversión inicial en este sistema puede ser significativa, los beneficios a largo plazo en términos de reducción de tiempos muertos y aumento de la productividad pueden justificar el gasto. Según estudios, la implementación de sistemas de izaje avanzados como la jaula del pique 8700 puede reducir los costos operativos en un 15-20% y aumentar la rentabilidad de la mina. Estos beneficios económicos hacen que la jaula del pique 8700 sea una inversión atractiva para las empresas mineras. (Smith & Brown, 2020)

#### 1.12.2.1. Reducción de Tiempos Muertos

La reducción de tiempos muertos en minería implica minimizar los períodos en los que los equipos y el personal no están en operación debido a mantenimientos, averías o ineficiencias. Estos tiempos representan una pérdida significativa de productividad y pueden aumentar los costos operativos de manera considerable. Smith et al subrayan que la gestión efectiva de los tiempos

muertos es crucial para mantener la eficiencia operativa y maximizar la producción. La implementación de mantenimiento predictivo y preventivo, así como la optimización de los procesos de trabajo, son estrategias efectivas para reducir estos tiempos muertos. (Smith et al, 2019)

La tecnología juega un papel vital en la reducción de tiempos muertos. La adopción de sistemas de monitoreo en tiempo real permite a las empresas mineras identificar y abordar problemas antes de que causen interrupciones significativas. Johnson P destaca que el uso de tecnologías avanzadas de monitoreo y control puede reducir los tiempos muertos en un 20-25%. Estos sistemas permiten una supervisión constante de los equipos y las operaciones, lo que facilita la detección temprana de fallos y la programación de mantenimientos preventivos de manera eficiente. (Johnson, 2020)

Además, la capacitación y motivación del personal son componentes cruciales para minimizar los tiempos muertos. Los trabajadores bien entrenados pueden identificar y solucionar problemas rápidamente, reduciendo el tiempo de inactividad. La creación de equipos de trabajo bien coordinados y la implementación de prácticas de gestión efectivas también contribuyen a la reducción de tiempos muertos. Según estudios, las empresas que invierten en la formación y motivación de su personal pueden reducir los tiempos muertos en un 15-20%, mejorando así la eficiencia y productividad global de la mina. (Robbins & Judge, 2019)

#### **1.12.2.2. Mejora en la seguridad laboral**

La seguridad laboral en minería es una prioridad debido a los riesgos asociados con las operaciones extractivas. La mejora en la seguridad laboral implica la implementación de medidas y tecnologías que protejan a los trabajadores de accidentes y enfermedades profesionales. La Organización Internacional del Trabajo enfatiza que las prácticas de seguridad eficaces incluyen la capacitación regular, el uso de equipos de protección personal (EPP) y la creación de protocolos de emergencia. La adopción de tecnologías avanzadas, como los sistemas de monitoreo y control de riesgos, también es fundamental para mejorar la seguridad en las minas. (Organización Mundial del Trabajo, 2020)

La implementación de sistemas de monitoreo en tiempo real puede proporcionar datos valiosos sobre las condiciones de trabajo y los posibles riesgos, permitiendo una respuesta rápida y efectiva. Williams D destaca que el uso de tecnología avanzada en la gestión de la seguridad laboral puede reducir los accidentes en un 30-35%. Estos sistemas no solo monitorean las condiciones de trabajo, sino que también ofrecen alertas tempranas y recomendaciones para prevenir incidentes. La tecnología es, por lo tanto, una herramienta crucial para la mejora continua de la seguridad laboral en la minería. (Williams, 2021)

Además de la tecnología, la cultura de seguridad en la empresa juega un papel crucial. Las empresas mineras deben fomentar una cultura de seguridad en la que todos los empleados estén comprometidos con la protección y el bienestar de sus compañeros. Esto incluye la promoción de prácticas seguras, la participación activa en programas de seguridad y la creación de un ambiente de trabajo donde la seguridad sea una prioridad. Estudios muestran que una cultura de seguridad bien establecida puede reducir los accidentes laborales en un 25-30%, mejorando tanto la seguridad como la productividad. (Smith & Brown, 2020)

### **1.12.2.3. Costos de instalación y mantenimiento**

Los costos de instalación y mantenimiento son un factor crucial en la planificación y operación de equipos mineros. Estos costos incluyen la adquisición de maquinaria, la instalación de sistemas de izaje y el mantenimiento regular para asegurar el funcionamiento continuo y eficiente de los equipos. Anderson J, señala que una inversión inicial alta en tecnología avanzada puede reducir los costos de mantenimiento a largo plazo y mejorar la eficiencia operativa. La planificación adecuada y la implementación de programas de mantenimiento preventivo pueden minimizar las interrupciones y prolongar la vida útil de los equipos. (Anderson, 2019)

La instalación de equipos avanzados, como la jaula del pique 8700, requiere una inversión significativa, pero los beneficios a largo plazo pueden justificar el gasto. Estos beneficios incluyen una mayor eficiencia operativa, una reducción en los tiempos de inactividad y una mejora en la seguridad laboral. Según estudios, la inversión en tecnología avanzada puede reducir los costos

operativos en un 15-20% y aumentar la rentabilidad de las operaciones mineras. La evaluación cuidadosa de los costos y beneficios de estas inversiones es esencial para la toma de decisiones informadas. (Smith & Brown, 2020)

El mantenimiento preventivo es otra estrategia clave para gestionar los costos de instalación y mantenimiento. La implementación de programas de mantenimiento regular puede prevenir fallos costosos y prolongar la vida útil de los equipos. Hernandez, M; Thompson, R destacan que el mantenimiento preventivo puede reducir los costos de reparación en un 20-25% y aumentar la disponibilidad de los equipos en un 10-15%. La adopción de tecnologías de monitoreo en tiempo real también puede mejorar la eficiencia del mantenimiento, permitiendo una detección temprana de problemas y una respuesta rápida y eficaz. (Hernandez & Thompson, 2021)

### **1.12.3. Fundamentos de Ingeniería de Minas**

#### **1.12.3.1. Principios de diseño y construcción de piques mineros**

El diseño y la construcción de piques mineros son cruciales para el desarrollo eficiente y seguro de las operaciones subterráneas. Un pique minero, esencialmente un túnel vertical o inclinado, sirve para el acceso, la ventilación y el transporte de minerales y materiales. Los principios fundamentales en el diseño incluyen la consideración de la geología del sitio, la mecánica de rocas, y la planificación de la infraestructura de soporte. Es fundamental asegurar que los piques estén diseñados para manejar las cargas esperadas y las condiciones geológicas adversas, minimizando así los riesgos de colapsos y asegurando la integridad estructural a largo plazo. Además, el diseño debe incorporar sistemas eficaces de ventilación para manejar el polvo y los gases nocivos, así como sistemas de drenaje para controlar la entrada de agua. (Berrocal, 2021)

#### **1.12.3.2. Tecnologías avanzadas en la extracción y transporte de minerales**

La innovación tecnológica ha revolucionado la manera en que se extraen y transportan los minerales. Las tecnologías avanzadas, como la automatización y la robótica, han permitido incrementar la seguridad y eficiencia de estas operaciones. En la extracción, tecnologías como la perforación y voladura controladas, junto con equipos de carga y transporte automatizados, reducen la necesidad de mano de obra directa en las zonas de alto riesgo y mejoran la

precisión en las operaciones. Por otro lado, en el transporte de minerales, sistemas como los transportadores de cinta de alta capacidad y los vehículos autónomos subterráneos ofrecen soluciones eficientes que disminuyen los tiempos de ciclo y optimizan el flujo de material. Estas tecnologías no solo aumentan la productividad sino que también reducen el impacto ambiental al minimizar el consumo de energía y las emisiones en procesos críticos. (Acuña & Legua, 2020)

#### **1.12.4. Optimización de Procesos Mineros**

##### **1.12.4.1. Métodos para mejorar la eficiencia en la extracción y el izaje**

La optimización de los procesos de extracción y el izaje es fundamental para mejorar la productividad y la eficiencia en las operaciones mineras. Una serie de métodos pueden ser aplicados para alcanzar estos objetivos:

1. Análisis y optimización del flujo de trabajo: Mediante la utilización de modelado de procesos y simulaciones, se puede analizar y optimizar el flujo de trabajo en la mina para reducir los tiempos muertos y mejorar la secuencia de operaciones.
2. Mejora de los métodos de extracción: La selección del método de extracción más adecuado (como corte y relleno, hundimiento por bloques, etc.) según la geología del yacimiento puede maximizar la recuperación de mineral y minimizar los costos.
3. Optimización del izaje: Implementación de sistemas de izaje más rápidos y eficientes, como ascensores de alta velocidad y sistemas automatizados, para reducir el tiempo que el mineral pasa en tránsito.
4. Capacitación y desarrollo de habilidades: Capacitar al personal en las mejores prácticas y en el uso eficiente de la maquinaria puede resultar en una mejora sustancial de la productividad y la seguridad. (Velásquez, 2022)

#### 1.12.4.2. Aplicaciones de la automatización en la minería

La automatización en la minería representa un cambio paradigmático en la forma en que se llevan a cabo las operaciones mineras, ofreciendo múltiples beneficios que incluyen la mejora de la seguridad, la eficiencia y la sostenibilidad:

- **Automatización de vehículos y equipos:** Los vehículos autónomos y los equipos controlados a distancia pueden operar en ambientes peligrosos sin exponer a los trabajadores a riesgos innecesarios, además de mejorar la precisión y la eficiencia de las operaciones.
- **Sistemas de monitoreo y control en tiempo real:** La implementación de sistemas de monitoreo que utilizan sensores y cámaras permite un control en tiempo real de las condiciones en la mina, lo que ayuda a anticipar problemas y ajustar las operaciones de manera proactiva.
- **Robótica para operaciones complejas:** La robótica se puede utilizar para realizar tareas complejas y repetitivas, desde la perforación y voladura hasta la inspección y el mantenimiento de equipos, reduciendo el error humano y aumentando la eficacia operativa.
- **Integración de sistemas de información:** La integración de sistemas de información geológica, operacional y logística permite una gestión más eficiente de las operaciones mineras, desde la planificación hasta la entrega del mineral. (Polo et al, 2020)

#### 1.12.5. Seguridad en Operaciones Mineras

##### 1.12.5.1. Normativas y estándares de seguridad aplicables a la minería subterránea

La minería subterránea está regulada por una serie de normativas y estándares diseñados para garantizar la seguridad de los trabajadores y minimizar los riesgos asociados con las operaciones bajo tierra. Estos estándares abarcan diversos aspectos, tales como:

1. **Ventilación adecuada:** Asegurar una ventilación suficiente para controlar los niveles de polvo, gases nocivos y mantener un ambiente de trabajo seguro.

2. Control de riesgos geotécnicos: Implementación de prácticas de ingeniería para manejar y mitigar los riesgos asociados con el movimiento de tierra y el colapso de estructuras subterráneas.
3. Sistemas de soporte de roca: Utilización de sistemas avanzados de soporte para prevenir desprendimientos y caídas de rocas.
4. Formación y capacitación continua: Programas regulares de formación para educar a los trabajadores sobre las mejores prácticas de seguridad y el uso adecuado del equipo de protección personal.
5. Procedimientos de emergencia: Desarrollo e implementación de procedimientos de emergencia claros y efectivos, incluyendo rutas de evacuación, refugios seguros y planes de rescate. (Figueroa, 2023)

#### **1.12.5.2. Tecnologías y prácticas para la mejora de la seguridad laboral en piques**

La seguridad en los piques, vitales para la operación de minas subterráneas, puede mejorarse mediante la integración de tecnologías avanzadas y la adopción de prácticas de seguridad robustas:

1. Monitoreo en tiempo real: Uso de sensores y cámaras para monitorizar constantemente las condiciones del pique, permitiendo una respuesta rápida a cualquier anomalía que pueda surgir.
2. Automatización de sistemas de izaje: Implementación de sistemas de izaje automatizados que reducen la necesidad de intervención humana directa, disminuyendo así el riesgo de accidentes.
3. Comunicaciones mejoradas: Sistemas de comunicación de alta tecnología que aseguran una conexión constante entre los trabajadores subterráneos y la superficie, vital en situaciones de emergencia.
4. Iluminación adecuada: Instalación de sistemas de iluminación robustos y confiables para mejorar la visibilidad y reducir los riesgos de accidentes por mala visibilidad.
5. Equipamiento de protección personal avanzado: Uso de equipos de protección personal (EPP) que incorporan tecnología avanzada, como dispositivos de monitoreo de salud y sistemas de alerta temprana para gases peligrosos.

Estas tecnologías y prácticas no solo aumentan la seguridad de los trabajadores, sino que también mejoran la eficiencia operativa, creando un entorno de trabajo más seguro y productivo en las operaciones mineras subterráneas. (Florez, et al , 2022)

### **1.12.6. Análisis Económico en Proyectos de Minería**

#### **1.12.6.1. Evaluación de costos y beneficios en proyectos de ampliación minera.**

La evaluación de costos y beneficios es crucial para determinar la viabilidad de cualquier proyecto de ampliación minera. Esta evaluación implica:

1. **Análisis de Costos:** Incluye el cálculo de todos los costos asociados con el proyecto, desde la inversión inicial en equipos y tecnología, hasta los costos operativos y de mantenimiento. También se consideran los costos indirectos como el impacto en la producción durante las fases de construcción y transición.
2. **Análisis de Beneficios:** Los beneficios de un proyecto de ampliación pueden incluir un aumento en la producción y eficiencia, reducción de costos operativos a largo plazo debido a la mayor automatización, y mejora en la seguridad laboral que puede traducirse en menor número de días perdidos por accidentes.
3. **Evaluación del Retorno sobre la Inversión (ROI):** Se calcula para entender el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial a través de los beneficios generados. Es fundamental para cualquier decisión de inversión.
4. **Análisis de Punto de Equilibrio:** Identifica cuánto tiempo y bajo qué condiciones el proyecto comenzará a generar ganancias. (Castillo & Valverde, 2021)

#### **1.12.6.2. Rentabilidad y Viabilidad Económica de las Inversiones en Infraestructura Minera**

La rentabilidad y viabilidad económica son esenciales para justificar inversiones en infraestructura minera. Los elementos clave a considerar incluyen:

1. **Análisis de Mercado:** Estudiar las tendencias del mercado de minerales y prever los precios futuros para evaluar si la demanda de mineral justificará la ampliación propuesta.

2. Costos de Capital y Operativos: Comparar los costos de capital necesarios para la ampliación con los beneficios a largo plazo. Los costos operativos deben ser evaluados para asegurar que la operación ampliada será económicamente sostenible.
3. Impacto Financiero de las Mejoras Tecnológicas: Determinar cómo las mejoras tecnológicas pueden afectar la eficiencia y los costos operativos, y cómo estos cambios impactan la rentabilidad general del proyecto.
4. Evaluaciones de Riesgo: Considerar los riesgos financieros, como fluctuaciones en los precios de los minerales, posibles retrasos en la construcción y cambios en la legislación minera que puedan afectar el proyecto.
5. Estudios de Sensibilidad: Realizar análisis de sensibilidad para entender cómo diferentes escenarios afectarían la rentabilidad del proyecto, permitiendo así una mejor preparación frente a posibles contingencias.

Estos análisis no solo ayudan a asegurar que los recursos se inviertan de manera prudente, sino que también maximizan las oportunidades de éxito del proyecto al alinear cuidadosamente las expectativas financieras con las realidades del mercado y la operación minera. (Andújar et al, 2021)

### 1.13. Hipótesis

La implementación de una jaula del pique 8700 en la Unidad Minera Orex, zona Esperanza, mejora significativamente la producción, reduce los tiempos muertos.

### 1.14. Variables e indicadores

**Tabla 5**  
**Operacionalización de variables**

Tipo de Variable	Variable	Indicadores	Subindicadores
Variable Dependiente	Producción minera	Tasa de extracción de minerales	Toneladas métricas extraídas por mes
		Eficiencia operativa	Tiempo promedio de descenso/ascenso
		Rendimiento de los trabajadores	Productividad laboral
Variable Independiente	Implementación de la jaula del pique 8700	Reducción de tiempos muertos	Porcentaje de reducción de tiempos muertos
		Mejora en la seguridad laboral	Índice de siniestralidad
		Costos de instalación y mantenimiento	Comparación de costos pre y post implementación



## CAPÍTULO III

## 1. Marco metodológico

### 1.1. Tipo de investigación

“El tipo de investigación es **aplicativo**. busca aplicar conocimientos teóricos para resolver problemas específicos y prácticos, en este caso, mejorar la producción en la unidad minera Orex mediante la implementación de la Jaula del Pique 8700” (Hernández et al, 2014).

#### 1.1.1. Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue **cuasi-experimental**, donde se evaluó el impacto de la implementación de la Jaula del Pique 8700 en la producción minera antes y después de su instalación. Se compararon las variables de producción y seguridad entre los periodos de referencia y post-implementación. (Hernández et al, 2014)

#### 1.1.2. Nivel de investigación

“El nivel de investigación es descriptivo comparativo, ya que se describieron y compararon las condiciones y resultados de producción antes y después de la implementación de la Jaula del Pique 8700” (Hernández et al, 2014).

### 1.2. Población

Para este estudio, la población fue constituida por los 70 trabajadores de la Minera Orex zona esperanza, de los cuales 35 trabajadores corresponden al turno día y 35 al turno noche. Tal población en su totalidad conforma la muestra de 70 trabajadores.

### 1.3. Fuentes y técnicas para la recolección de información

La recolección de información se realizó a través de las siguientes fuentes y técnicas:

- Análisis documental: Se utilizaron documentos y registros existentes en la unidad minera, tales como hojas de registros de producción, reportes diarios de operación, e informes semanales y mensuales.
- Observación directa: Utilización de cámaras para la toma de fotografías que documentarán las condiciones de operación antes y después de la implementación. (Hernández et al, 2014)

#### 1.4. Procesamiento de la información recolectada

El procesamiento de la información recolectada incluyó los siguientes pasos:

- Codificación y organización de datos: Los datos recolectados fueron organizados en categorías para facilitar su análisis.
- Análisis descriptivo: Se utilizaron estadísticas descriptivas para resumir los datos recolectados y proporcionar una visión general de los mismos.
- Comparación de datos: Se compararon los datos antes y después de la implementación de la Jaula del Pique 8700 para evaluar su impacto en la producción y seguridad. (Hernández et al, 2014)

#### 1.5. Modelo Estadístico

Para el análisis de los datos, se utilizaron modelos estadísticos que permitan evaluar la significancia de los cambios observados. Los modelos específicos incluyen:

- Prueba t de Student: Para comparar las medias de dos muestras (antes y después de la implementación) y determinar si hay diferencias significativas en la producción y seguridad.
- Regresión lineal: Para analizar la relación entre la implementación de la Jaula del Pique 8700 y los indicadores de producción y seguridad, permitiendo predecir el impacto a largo plazo. (Hernández et al, 2014)



## CAPÍTULO IV

## 1. Desarrollo de la investigación

### 1.1. Análisis detallado de la situación actual de la producción en la Unidad Minera Ores, zona Esperanza – 2025

La Unidad Minera Ores enfrenta una situación en la que su producción está condicionada tanto por la eficiencia de sus operaciones como por las limitaciones de infraestructura y organización en las labores diarias. La capacidad de alcanzar y superar las metas de producción proyectadas depende de una comprensión profunda de la situación actual, abarcando factores productivos, operativos, y estratégicos. Este análisis busca ofrecer una visión ampliada y fundamentada que permita no solo identificar los problemas actuales, sino también proponer soluciones sostenibles para el futuro.

**Figura 9**

**Personal descendiendo por la escalera en la zona esperanza**



## 1.1.1. Producción actual y distribución por labor actual

Tabla 6

## Producción actual toneladas métricas húmedas por día y distribución por labor

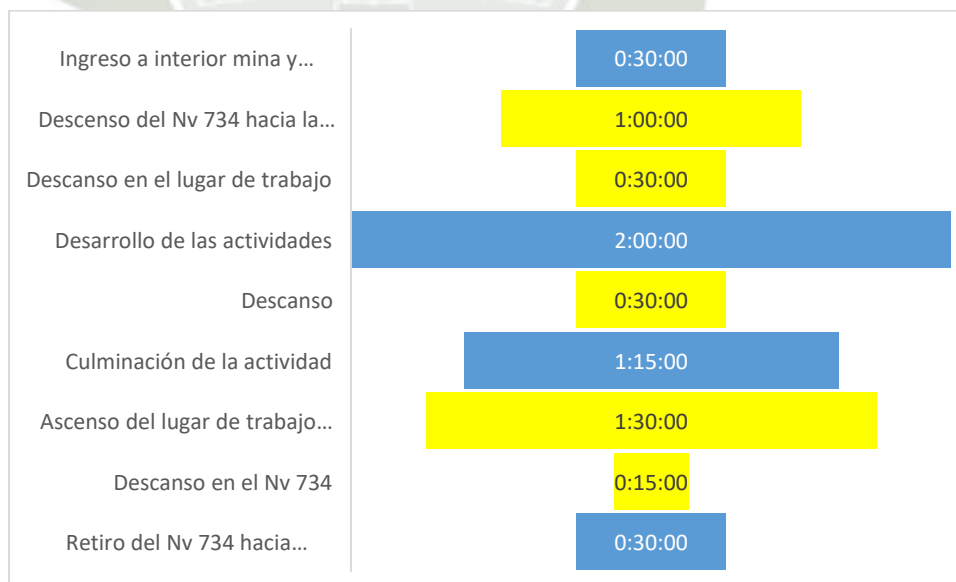
Mes	Días	TMH/MES Actual
Enero	31	1233
Febrero	28	1104
Marzo	31	1264
Abril	30	1190
Mayo	31	1233
Junio	30	1160
Julio	31	1233
Agosto	31	1233
Septiembre	30	1130
Octubre	31	1233
Noviembre	30	1100
Diciembre	31	1295
<b>Total</b>		14408
<b>TMH por día</b>		40
<b>TMH Promedio</b>		1200

La tabla presentada muestra la producción mensual actual en toneladas métricas húmedas (TMH) a lo largo del año, así como su distribución diaria. La producción total acumulada es de 14,408 TMH, lo que equivale a un promedio de 1,201 TMH por mes y una producción diaria constante de aproximadamente 40 TMH. A lo largo del año, se observa una relativa estabilidad en los niveles de producción, con ligeras variaciones entre meses. Los valores más altos se registran en diciembre (1,295 TMH) y marzo (1,264 TMH), mientras que los meses de menor producción son noviembre (1,100 TMH), febrero (1,104 TMH) y septiembre (1,130 TMH). Estas diferencias podrían explicarse por factores como la duración de cada mes, condiciones operativas, mantenimientos programados o variaciones en la disponibilidad del personal. En general, la operación mantiene un ritmo constante que sugiere una planificación eficiente, aunque sería recomendable analizar los meses con menor rendimiento para identificar posibles áreas de mejora.

**Tabla 7**  
**Contexto actual de los tiempos de los trabajadores**

<b>Actividades antes, durante y después de la labor</b>				
<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIEMPO (h:min:s)</b>	<b>INICIO</b>	<b>FINAL</b>
1	Ingreso a interior mina y reparto de guardia Nv 734	0:30:00	11:00:00	11:30:00
2	Descenso del Nv 734 hacia la labor	1:00:00	11:30:00	12:30:00
3	Descanso en el lugar de trabajo	0:30:00	12:30:00	13:00:00
4	Desarrollo de las actividades	2:00:00	13:00:00	15:00:00
5	Descanso	0:30:00	15:00:00	15:30:00
6	Culminación de la actividad	1:15:00	15:30:00	16:45:00
7	Ascenso del lugar de trabajo al Nivel 734	1:30:00	16:45:00	18:15:00
8	Descanso en el Nv 734	0:15:00	18:15:00	18:30:00
9	Retiro del Nv 734 hacia campamento	0:30:00	18:30:00	19:00:00
<b>TOTAL</b>		<b>8:00:00</b>		

**Gráfico 1**  
**Contexto actual de los tiempos de los trabajadores**



Leyenda:

- Amarillo: proceso del transporte y las actividades derivadas.
- Azul: tiempos de trabajo.

La tabla presentada detalla con precisión las actividades realizadas por los trabajadores en la Unidad Minera Orex durante una jornada laboral estándar, identificando el tiempo asignado a cada etapa del trabajo desde el ingreso a la mina hasta el retorno al campamento. Este análisis permite identificar cómo el tiempo es distribuido, y enfatiza los desafíos logísticos y operativos que afectan tanto la productividad como el bienestar de los trabajadores.

#### **1.1.1.1. Ingreso a la mina y reparto de guardia en el Nivel 734 (11:00 a 11:30)**

El inicio de la jornada se enfoca en el ingreso al interior de la mina y la realización del reparto de la guardia en el Nivel 734, actividad que consume 30 minutos. Este tiempo se destina a la organización de las labores, la asignación de responsabilidades y la preparación de los trabajadores para las actividades extractivas. Es crucial en esta etapa garantizar una planificación adecuada, ya que de ello depende la correcta ejecución de las labores. Este tiempo asegura que los trabajadores estén debidamente informados y equipados para afrontar las condiciones y exigencias del entorno subterráneo.

#### **1.1.1.2. Descenso del Nivel 734 hacia la labor minera (11:30 a 12:30)**

El traslado desde el Nivel 734 hasta el área de trabajo representa una de las actividades más demandantes físicamente, con una duración de 1 hora. Este descenso implica el uso de escaleras de madera y caminos inclinados, lo que genera un desgaste físico significativo en los trabajadores. Este traslado, al ser completamente manual, incrementa la carga física y mental de los trabajadores antes de iniciar las actividades principales de extracción. La eficiencia operativa de la mina se encuentra directamente afectada por esta etapa, ya que reduce la energía disponible para las tareas extractivas y aumenta la probabilidad de accidentes debido a la fatiga y las condiciones del entorno.

Este tramo también pone de manifiesto una importante área de mejora relacionada con la infraestructura de transporte interno. El sistema actual prolonga los tiempos de traslado y condiciona la productividad de la jornada. La implementación de tecnología de transporte eficiente en este tramo no solo mejoraría el bienestar físico de los trabajadores, sino que garantizaría un mayor aprovechamiento de las horas efectivas de trabajo.

#### **1.1.1.3. Descanso en el lugar de trabajo (12:30 a 13:00)**

Tras completar el descenso, se asignan 30 minutos de descanso antes de iniciar las actividades extractivas. Este periodo es imprescindible debido a la exigencia física asociada al traslado, y permite a los trabajadores recuperar parte de su energía antes de comenzar las labores. Además, este descanso asegura que los trabajadores puedan desempeñar sus tareas de forma segura y eficiente, minimizando el riesgo de errores o accidentes en el entorno laboral.

#### **1.1.1.4. Desarrollo de las actividades principales (13:00 a 15:00)**

El periodo comprendido entre las 13:00 y las 15:00 horas está dedicado a las actividades principales de la jornada, incluyendo perforación, extracción de mineral, fortificación de túneles y otras tareas específicas. Este periodo tiene una duración de 2 horas, lo que constituye el núcleo de la productividad diaria.

A pesar de que estas actividades son las que directamente generan valor para la operación minera, el tiempo efectivo asignado a estas tareas es reducido en comparación con el total de la jornada. Este desequilibrio, donde solo el 25% de la jornada se destina a actividades productivas, limita significativamente el rendimiento global de la mina. La mejora en los tiempos de traslado y en la logística interna aumentaría el tiempo disponible para estas actividades, impactando directamente en la capacidad de producción de la mina.

#### **1.1.1.5. Segundo descanso (15:00 a 15:30)**

Tras las actividades principales, se otorgan 30 minutos adicionales de descanso. Este tiempo está diseñado para garantizar que los trabajadores mantengan un nivel adecuado de energía y atención durante el resto de la jornada. Este segundo descanso asegura que los trabajadores puedan completar las tareas pendientes sin sufrir agotamiento extremo, lo que es clave para mantener tanto la productividad como la seguridad.

**1.1.1.6. Culminación de las actividades (15:30 a 16:45)**

La culminación de las actividades abarca un periodo de 1 hora y 15 minutos, tiempo durante el cual se realizan tareas complementarias, como la organización de herramientas, la limpieza del área y el registro de datos operativos. Este tiempo asegura que las operaciones del día sean concluidas de manera eficiente y que el área de trabajo quede en condiciones óptimas para las siguientes guardias. Esta etapa es esencial para garantizar la continuidad operativa y minimizar interrupciones en los turnos siguientes.

**1.1.1.7. Ascenso del lugar de trabajo al Nivel 734 (16:45 a 18:15)**

El ascenso desde el área de trabajo hasta el Nivel 734 es la actividad más demandante de la jornada en términos físicos. Con una duración de 1 hora y 30 minutos, este traslado representa un esfuerzo significativo, ya que los trabajadores deben subir escaleras y atravesar caminos inclinados después de haber completado una jornada laboral intensa. Este esfuerzo impacta directamente en la salud de los trabajadores y aumenta el riesgo de lesiones, especialmente en condiciones de fatiga acumulada.

Este tiempo refleja uno de los mayores retos operativos de la mina. La implementación de soluciones mecanizadas para el transporte vertical aseguraría una reducción significativa del tiempo invertido en esta etapa, así como una mejora en las condiciones físicas de los trabajadores al finalizar la jornada.

**1.1.1.8. Descanso en el Nivel 734 (18:15 a 18:30)**

Una vez alcanzado el Nivel 734, los trabajadores disponen de 15 minutos de descanso. Aunque es un periodo breve, este tiempo asegura que los trabajadores puedan estabilizar su ritmo físico antes de emprender el traslado final hacia el campamento. Este descanso también reduce el riesgo de accidentes durante el último tramo de la jornada.

#### 1.1.1.9. Retiro del Nivel 734 hacia el campamento (18:30 a 19:00)

La jornada concluye con el traslado de 30 minutos desde el Nivel 734 hacia el campamento. Este tiempo permite a los trabajadores desconectarse de las actividades laborales y dirigirse a un entorno de descanso, asegurando su recuperación para la siguiente jornada.

#### 1.1.1.10. Análisis global de la jornada laboral

En términos generales, la jornada laboral de 8 horas se encuentra significativamente fragmentada debido a los tiempos de traslado y descanso. De las 8 horas, 3 horas y 30 minutos se dedican exclusivamente a los traslados (descenso, ascenso y salida), mientras que 1 hora y 15 minutos se destinan a descansos. Esto significa que solo el 25% del tiempo total está dedicado a las actividades productivas principales, lo que limita el rendimiento global de la mina.

Esta distribución del tiempo impacta de manera directa en la capacidad de producción de la Unidad Minera Ores, que actualmente registra una producción promedio de 1200 TMS/mes con una ley de 10 gramos/TM. La expansión hacia los niveles 420 y 370 incrementará los tiempos de traslado y reducirá aún más las horas productivas disponibles, lo que pone en riesgo la continuidad operativa y la competitividad de la mina.

### 1.1.2. Problemas operativos: tiempos muertos y desgaste físico

#### 1.1.2.1. Tiempos muertos

El análisis de los cronogramas operativos muestra que más del **50% del turno laboral** se pierde en actividades no productivas, como el transporte (descenso y ascenso) y descansos innecesarios. Esto limita el tiempo efectivo disponible para la extracción, que actualmente es de solo **3.25 horas por turno**.

#### 1.1.2.2. Desgaste físico

El sistema de transporte actual, basado en escaleras y caminos inclinados, genera un desgaste físico considerable en los trabajadores, lo que afecta tanto su rendimiento como su seguridad. Este problema es especialmente crítico en turnos prolongados y en áreas con difícil acceso.

### 1.1.2.3. Impacto acumulativo

Estas ineficiencias no solo afectan la productividad diaria, sino que también generan un impacto acumulativo en la producción mensual y anual. Si no se resuelven, limitarán la capacidad de la mina para cumplir con sus metas y expandirse hacia niveles más profundos.

### 1.1.3. Potencial de mejora con la implementación de la Jaula del Pique 8700

La instalación de la Jaula del Pique 8700 representa una oportunidad clave para superar las limitaciones actuales:

#### 1.1.3.1. Reducción de tiempos de traslado

El tiempo de descenso y ascenso, que actualmente consume **2 horas 30 minutos por turno**, podría reducirse a **10 minutos por trayecto**, liberando hasta **2 horas adicionales** para actividades productivas.

#### 1.1.3.2. Mejora en las condiciones laborales

La reducción del desgaste físico y la mejora en la seguridad aumentarían el rendimiento del personal y reducirían los riesgos asociados a problemas de salud y accidentes.

#### 1.1.3.3. Impacto en la producción

Con más tiempo efectivo disponible, la producción diaria podría incrementarse proporcionalmente, lo que resultaría en un aumento significativo de la producción mensual y anual.

El análisis demuestra que la situación actual de la producción en la Unidad Minera Orex, aunque estable, está limitada por ineficiencias operativas y una distribución desigual de recursos. La implementación de la Jaula del Pique 8700 y otras medidas propuestas permitirán:

- Reducir significativamente los tiempos muertos y aumentar las horas productivas.
- Optimizar la asignación de recursos hacia áreas más rentables.
- Mejorar las condiciones laborales y la sostenibilidad operativa.

Con estas medidas, la mina no solo podrá alcanzar sus metas actuales, sino también posicionarse para un crecimiento sostenido en el futuro, consolidando su competitividad en el mercado minero.

## 1.2. Determinar el diseño de la jaula del pique 8700 en la Unidad Minera Ores, zona Esperanza – 2025.

La implementación de la jaula del pique 8700 es una propuesta orientada a mejorar la eficiencia del transporte del personal en la Unidad Minera Ores, zona Esperanza. Como parte de este análisis, es esencial evaluar los costos asociados con la adquisición, instalación y mantenimiento de la jaula, así como los posibles beneficios que esta inversión aportará en términos de productividad y seguridad laboral.

Para llevar a cabo este análisis, se detallarán las características técnicas de la jaula, los costos iniciales de adquisición, los costos asociados a la infraestructura necesaria para su operación, y el mantenimiento previsto. Además, se calcularán los beneficios en términos de ahorro de tiempo, aumento de productividad y reducción de riesgos laborales.

Para el desarrollo se presenta las características de la siguiente jaula:

### 1.2.1. Características Técnicas de la Jaula

De acuerdo con el documento técnico de la jaula JSC, las principales características de la jaula son las siguientes:

- **Modelo:** JSC
- **Capacidad de la cabina:** 9 personas
- **Altura:** 2.4 metros
- **Sistema de puerta:** corredizo
- **Seguro de puerta:** interiores
- **Material del forrado:** acero inoxidable
- **Piso:** 1 piso
- **Cabina antiabrasiva:** material 3m 400 brinell
- **Estructura principal:** ángulo ASTM A36 - 1/4x2”
- **Guiadores:** ángulo ASTM A36 - 3/8x3”
- **Zapata antiabrasiva:** 1/4” 500 brinell
- **Ejes de leonas:** 2.5” acero 4.40H
- **Guarda cable antiabrasivo:** 3” 500 brinell

- **Leonas antiabrasivas:** 500 brinell
- **Resorte semielíptico:**  $\frac{3}{8} \times 4''$
- **Cubo actuador:** bocina soldada ASTM A36
- **Viga soporte:** canal "U" 6 x 8.2 lbs
- **Proceso de soldadura:** FCAW/G-TAW

Estas características técnicas indican que la jaula está diseñada con altos estándares de resistencia y durabilidad, lo que es crucial para soportar las condiciones de trabajo en la mina subterránea.

Por lo tanto el winche que se debe usar es el siguiente en base a los requerimientos siguientes:

### 1.2.1.1. Informe Detallado: Cálculo de la Potencia del Winche de 175 HP

#### 1.2.1.1.1. Objetivo:

Determinar si un winche con un motor de **175 HP** es adecuado para levantar una carga de **4.5 toneladas** (4,500 kg) a una altura de **515 metros** y una velocidad de **120 metros por minuto**. Considerar las sobrecargas intermitentes y de larga duración de hasta un **35%**.

#### Datos Iniciales:

- **Carga bruta (Pb):** 4.5 toneladas = 4,500 kg
- **Peso de la cabina de carga (Skip) (Ps):** 1.2 toneladas = 1,200 kg
- **Peso del cable suspendido (Pc):** 14 toneladas = 1,004.16 kg
- **Altura de izaje (L):** 515 metros
- **Velocidad de izaje (V):** 120 metros por minuto = 2 m/s
- **Gravedad (g):** 9.81 m/s<sup>2</sup>
- **Diámetro del tambor ( $\Phi_t$ ):** 0.6985 metros
- **Relación de reducción del reductor (i):** 28.61
- **Eficiencia del reductor ( $\eta$ ):** 0.96
- **Masa equivalente de partes en movimiento reducida al tambor (Wo):** 437.35 kg

- **Peso total del sistema de izaje (W')**: 5,001.62 kg
- **Eficiencia del mecanismo (E)**: 0.81
- **Potencia nominal del motor (P)**: 130.5 kW = 175 HP
- **Sobrecarga**: 35%

### 1.2.1.2. Cálculos

#### 1.2.1.2.1. Fuerza de Tracción (F)

La fuerza de tracción es la fuerza que el cable necesita ejercer para elevar la carga bruta. Esta se calcula como:

##### **Ecuación 1** Fuerza de Tracción

$$F = P_b \times g$$

Donde:

- $P_b=4500$  kg
- $g=9.81$  m/s<sup>2</sup>

$$F = 4500 \times 9.81 = 44,145 \text{ N}$$

#### 1.2.1.2.2. Momento en el Eje del Tambor (Mk):

El momento que actúa en el eje del tambor es el producto de la fuerza de tracción y el radio del tambor. El radio del tambor se toma como la mitad del diámetro del tambor:

##### **Ecuación 2** Momento en el Eje del Tambor

$$M_k = F \times r_t$$

Donde:

- $F=44,145$  N
- $r_t=0.6985$  m

$$M_k = 44,145 \times 0.6985 = 30,835.28 \text{ Nm}$$

### 1.2.1.2.3. Potencia a la Entrada del Reductor ( $P_e$ ):

La potencia requerida a la entrada del reductor se puede calcular usando la fórmula:

#### Ecuación 3 Potencia a la Entrada del Reductor

$$P_e = \frac{Mk \times V}{\eta}$$

Donde:

$$Mk=30,835.28Nm$$

$$V=2m/s \text{ (velocidad de izaje)}$$

$$\eta=0.96 \text{ (eficiencia del reductor)}$$

$$P_e = \frac{30,835.28 \times 2}{0.96} = 64,240.17 \text{ W} = 64.24 \text{ kW}$$

### 1.2.1.2.4. Potencia con Sobrecargas:

Considerando sobrecargas intermitentes o de larga duración del **35%**, la potencia requerida será:

#### Ecuación 4 Potencia con Sobrecargas

$$P_{e\text{sobrecarga}} = P_e \times 1.35$$

$$P_{e\text{sobrecarga}} = 64.24 \times 1.35 = 86.72 \text{ kW}$$

### 1.2.1.2.5. Conversión de Potencia a HP:

Para convertir la potencia de kW a HP, usamos la relación:

#### Ecuación 5 Conversión de Potencia

$$P \text{ (HP)} = \frac{P \text{ (kW)}}{0.7457}$$

Potencia sin Sobrecargas:

$$P \text{ (HP)} = \frac{64.24}{0.7457} = 86 \text{ HP}$$

Potencia con Sobrecargas:

$$P_{\text{sobrecarga}} \text{ (HP)} = \frac{86.72}{0.7457} = 116 \text{ HP}$$

#### 1.2.1.2.6. Resumen de los Resultados:

1. **Fuerza de tracción (F):** 44,145 N
2. **Momento en el eje del tambor (Mk):** 30,835.28 Nm
3. **Potencia a la entrada del reductor (Pe):** 64.24 kW (86 HP)
4. **Potencia con sobrecargas (Pe con sobrecarga):** 86.72 kW (116 HP)

#### 1.2.1.3. Conclusión

Para levantar una carga de **4.5 toneladas** a una velocidad de **120 m/min** con un winche de **175 HP**, la potencia requerida, incluso considerando sobrecargas del **35%**, es mayor que la potencia nominal del sistema (175 HP). Por lo tanto, es posible que el motor de **175 HP** sea suficiente bajo condiciones de operación exigentes, como sobrecargas intermitentes o de larga duración.

Para el desarrollo de la jaula se debe contar con los siguientes implementos:

- Winche
- Cable winche
- Jaula

#### 1.2.2. Desarrollo del diseño de implementación

##### 1.2.2.1. Winche

Para el diseño se usará el winche de 175 hp

El plano muestra un winche de 175 HP con sus componentes etiquetados. A continuación, describo las partes principales identificadas en el esquema:

1. **Base de winche:** La estructura sobre la que se montan todos los componentes principales del winche. Proporciona soporte y estabilidad.
2. **Freno de emergencia:** Un sistema de seguridad que detiene el winche en caso de una situación de emergencia.
3. **Freno de servicio:** El freno que se utiliza durante el funcionamiento normal del winche para controlarlo.
4. **Motor:** El motor eléctrico que impulsa el sistema del winche.
5. **Reductor:** Una caja de engranajes que reduce la velocidad del motor para proporcionar un par de torsión adecuado al tambor del winche.

6. **Tambor:** El componente donde se enrolla el cable del winche. Es impulsado por el motor y el reductor.

Estos son los componentes principales del winche. Además, en la tabla inferior se mencionan otros elementos adicionales como el **tablero de potencia VDF** (control de velocidad del motor), **resistencia de frenado**, y **consola de operador**, que no están específicamente marcados en la vista tridimensional pero son parte del sistema.

#### 1.2.2.2. Cable winche

Corresponde a un cable de **7/8 pulgadas (22.20 mm)** de diámetro con las siguientes características:

- **Oensidzd lineal:** 1.90 kg/m
- **Carga de ruptura (IPS 1770 N/mm<sup>2</sup>):** 29.20 toneladas
- **Factor de seguridad:** 5.1

#### 1.2.2.3. Jaula

- **Modelo:** JSC
- **Capacidad de la cabina:** 9 personas
- **Altura:** 2.4 metros
- **Sistema de puerta:** corredizo
- **Seguro de puerta:** interiores
- **Material del forrado:** acero inoxidable
- **Piso:** 1 piso
- **Cabina antiabrasiva:** material 3m 400 brinell
- **Estructura principal:** ángulo ASTM A36 - 1/4x2"
- **Guiadores:** ángulo ASTM A36 - 3/8x3"
- **Zapata antiabrasiva:** 1/4" 500 brinell
- **Ejes de leonas:** 2.5" acero 4.40H
- **Guarda cable antiabrasivo:** 3" 500 brinell
- **Leonas antiabrasivas:** 500 brinell
- **Resorte semielíptico:** 3/8 x 4"
- **Cubo actuador:** bocina soldada ASTM A36
- **Viga soporte:** canal "U" 6 x 8.2 lbs

- **Proceso de soldadura: FCAW/G-TAW**

### 1.3. Analizar los tiempos muertos de transporte del personal después de la propuesta de implementación de la jaula del pique 8700

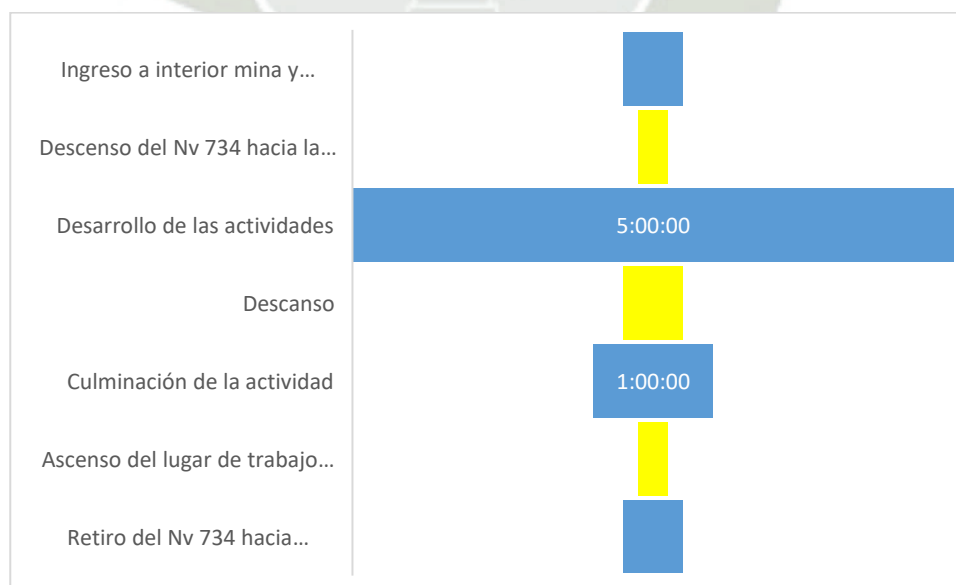
**Tabla 8**

#### Contexto de los tiempos de los trabajadores después de la propuesta

Actividades antes, durante y después de la labor				
Nº	DESCRIPCION	TIEMPO (h:min:s)	INICIO	FINAL
1	Ingreso a interior mina y reparto de guardia Nv 734	0:30:00	11:00:00	11:30:00
2	Descenso del Nv 734 hacia la labor	0:15:00	11:30:00	11:45:00
3	Desarrollo de las actividades	5:00:00	11:45:00	16:45:00
4	Descanso	0:30:00	16:45:00	17:15:00
5	Culminación de la actividad	1:00:00	17:15:00	18:15:00
6	Ascenso del lugar de trabajo al Nivel 734	0:15:00	18:15:00	18:30:00
7	Retiro del Nv 734 hacia campamento	0:30:00	18:30:00	19:00:00
<b>8</b>	<b>TOTAL</b>	<b>8:00:00</b>		

**Gráfico 2**

#### Contexto de los tiempos de los trabajadores después de la propuesta



Leyenda:

Amarillo: proceso del transporte y las actividades derivadas.

Azul: tiempos de trabajo.

La tabla presentada ofrece un análisis detallado de las actividades realizadas en la Unidad Minera Orex tras la implementación de la jaula en el pique 8700, evidenciando los cambios significativos en la distribución del tiempo laboral. Este desglose permite evaluar cómo la optimización de los procesos de transporte impacta positivamente en la productividad, el tiempo efectivo de trabajo y las condiciones generales de la jornada laboral de los trabajadores. A continuación, se interpreta y amplía cada una de las actividades señaladas en la tabla, destacando los beneficios tangibles derivados de la mejora en la logística interna.

### **1.3.1. Ingreso a la mina y reparto de guardia en el Nivel 734 (11:00 a 11:30)**

La jornada laboral inicia con el ingreso de los trabajadores al interior de la mina y la realización del reparto de guardia en el Nivel 734. Este proceso, que toma 30 minutos, no presenta modificaciones con respecto al esquema anterior y constituye una etapa fundamental para la organización y planificación de las tareas. Durante este periodo, los supervisores asignan las labores específicas y se asegura que cada trabajador esté preparado, tanto física como mentalmente, para enfrentar las exigencias de la jornada. Este tiempo es indispensable para coordinar las actividades y establecer un flujo de trabajo eficiente que minimice posibles errores o interrupciones.

Aunque este tiempo no es productivo en términos de extracción minera, su valor radica en la preparación adecuada del equipo humano, lo que asegura que las actividades principales se desarrollen de forma fluida y segura.

### **1.3.2. Descenso del Nivel 734 hacia la labor minera (11:30 a 11:45)**

El descenso hacia el área de trabajo, anteriormente un proceso prolongado de 1 hora que implicaba recorrer largas distancias a pie por escaleras de madera y caminos inclinados, ha sido reducido a solo 15 minutos gracias a la implementación de la jaula en el pique 8700. Esta mejora no solo representa un ahorro significativo de tiempo, sino que también elimina gran parte del desgaste físico que experimentaban los trabajadores en su traslado.

El nuevo sistema de transporte vertical asegura una llegada más rápida y segura al área de trabajo, permitiendo a los empleados comenzar sus labores principales con mayor energía y sin haber experimentado la fatiga asociada al antiguo método de descenso. Este cambio es crucial para optimizar las condiciones laborales y

aumentar la productividad, ya que los trabajadores ahora disponen de más tiempo y capacidad física para concentrarse en las actividades productivas.

La reducción de este tiempo de traslado también tiene implicaciones positivas en términos de seguridad. Al disminuir el esfuerzo requerido para descender por vías inclinadas, se reduce el riesgo de accidentes laborales, como caídas o lesiones musculares, que eran frecuentes en el modelo anterior.

### **1.3.3. Desarrollo de las actividades principales (11:45 a 16:45)**

El periodo dedicado al desarrollo de las actividades productivas ha sido significativamente ampliado gracias a la optimización de los tiempos muertos en los traslados. Mientras que anteriormente solo se dedicaban 2 horas a las labores extractivas, ahora se dispone de un total de 5 horas, lo que equivale a un incremento del 150% en el tiempo efectivo de trabajo.

Durante este periodo, se llevan a cabo las actividades esenciales de la operación minera, como la perforación, voladura, extracción de mineral, fortificación de túneles y transporte interno de materiales. Este aumento en el tiempo productivo tiene un impacto directo en la capacidad operativa de la mina, permitiendo incrementar el volumen de mineral extraído y procesado. Además, al disponer de más tiempo, los trabajadores pueden realizar estas tareas con mayor precisión y menor presión, lo que contribuye a mantener altos estándares de seguridad y calidad.

La optimización de este tiempo también mejora la sostenibilidad operativa de la mina, especialmente en el contexto de la expansión hacia niveles más profundos, como los niveles 420 y 370. Con esta redistribución del tiempo, la mina puede garantizar un flujo constante de producción sin necesidad de extender las jornadas laborales ni comprometer el bienestar de los trabajadores.

### **1.3.4. Descanso (16:45 a 17:15)**

El periodo de descanso, con una duración de 30 minutos, permanece inalterado en la nueva estructura de la jornada. Este tiempo sigue siendo fundamental para garantizar la recuperación física y mental de los trabajadores después de realizar 5 horas de actividades intensivas en un entorno subterráneo exigente. Durante este periodo, los trabajadores pueden recuperar energía, estabilizar su ritmo cardiovascular y prepararse para las etapas finales de la jornada.

Este descanso, además de ser una práctica necesaria para preservar la salud de los trabajadores, contribuye a mantener la concentración y la atención durante las actividades posteriores, reduciendo la probabilidad de errores o accidentes. En este contexto, el descanso actúa como un factor clave para equilibrar las demandas de la productividad con el bienestar laboral.

#### **1.3.5. Culminación de las actividades (17:15 a 18:15)**

La culminación de las actividades comprende un periodo de 1 hora, en el cual se llevan a cabo tareas de cierre y organización, como la limpieza del área de trabajo, la recolección de herramientas, el registro de datos operativos y la preparación de los espacios para la siguiente guardia. Estas actividades aseguran que las operaciones del día sean completadas de manera eficiente y ordenada, minimizando las interrupciones en los turnos siguientes.

Este tiempo es indispensable para garantizar la seguridad y la continuidad de las operaciones mineras, ya que un área de trabajo bien organizada y preparada reduce los riesgos de accidentes y facilita la transición entre turnos. Además, estas tareas finales son una parte esencial del proceso operativo, ya que contribuyen al mantenimiento de la productividad y la sostenibilidad de las actividades extractivas.

#### **1.3.6. Ascenso del lugar de trabajo al Nivel 734 (18:15 a 18:30)**

El ascenso desde el área de trabajo hasta el Nivel 734, que anteriormente tomaba 1 hora y 30 minutos, ahora se completa en tan solo 15 minutos gracias a la jaula del pique 8700. Esta mejora no solo representa un ahorro significativo de tiempo, sino que también alivia considerablemente el esfuerzo físico de los trabajadores al final de su jornada.

Este cambio asegura que los trabajadores puedan concluir su día con menor desgaste físico, lo que tiene un impacto positivo en su recuperación y disposición para los turnos posteriores. Además, la reducción de este tiempo minimiza el riesgo de accidentes asociados al cansancio extremo y mejora la seguridad general del entorno laboral.

### 1.3.7. Retiro del Nivel 734 hacia el campamento (18:30 a 19:00)

El traslado final hacia el campamento, con una duración de 30 minutos, permanece sin cambios respecto al esquema anterior. Este tiempo permite a los trabajadores desconectarse de las actividades laborales y dirigirse a un entorno de descanso y recuperación. Aunque esta actividad no es productiva en términos operativos, es esencial para garantizar el bienestar y la salud de los trabajadores.

### 1.3.8. Prueba de Hipótesis para Evaluar la Implementación de la Jaula del Pique 8700 en la Unidad Minera OREX, Zona Esperanza - 2025

La implementación de la jaula del pique 8700 en la Unidad Minera OREX busca mejorar los tiempos de inoperación relacionados con el transporte de mineral y personal. Para determinar si esta mejora es significativa, se realiza una prueba de hipótesis basada en datos de tiempos de inoperación actuales y tiempos propuestos después de la implementación.

#### 1.3.8.1. Paso 1: Planteamiento de la Hipótesis

La formulación de la hipótesis se basa en la comparación de los promedios de los tiempos de inoperación antes y después de la implementación. Dado que los datos son emparejados (mismo sistema evaluado en dos condiciones), utilizamos una prueba t para muestras emparejadas.

- Hipótesis nula ( $H_0$ ):

No existe una diferencia significativa entre los tiempos de inoperación actuales y los tiempos de inoperación propuestos tras la implementación de la jaula del pique 8700.

$$H_0: \mu_{\{actual\}} = \mu_{\{propuesto\}}$$

- Hipótesis alternativa ( $H_a$ ):

Existe una diferencia significativa entre los tiempos de inoperación actuales y los propuestos, lo que indicaría que la implementación del sistema mejora el desempeño operativo.

$$H_a: \mu_{actual} \neq \mu_{propuesto}$$

### 1.3.8.1.1. Interpretación

Si aceptamos la hipótesis nula, concluimos que no hay evidencia estadística suficiente para afirmar que la implementación del sistema afecta los tiempos de inoperación. Por otro lado, si rechazamos la hipótesis nula, implica que la jaula del pique 8700 tiene un impacto significativo en los tiempos de inoperación.

### 1.3.8.2. Paso 2: Nivel de Significancia

Seleccionamos un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ , que representa un 95% de confianza. Este valor es un estándar en investigaciones científicas y asegura que la probabilidad de cometer un error de Tipo I (rechazar una hipótesis verdadera) sea del 5%.

### 1.3.8.3. Paso 3: Estadístico de Prueba

#### 1.3.8.3.1. Selección de la Prueba Estadística

Dado que se comparan muestras relacionadas (antes y después), utilizamos la prueba t para muestras emparejadas. Este estadístico mide la diferencia promedio estandarizada entre ambas muestras.

#### 1.3.8.3.2. Fórmula del Estadístico t:

##### Ecuación 6

$$t = \frac{\overline{X}_d}{\frac{S_d}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

- $X_d$  = Media de las diferencias entre pares de datos.
- $S_d$  = Desviación estándar de las diferencias.
- $n$  = Número de pares de datos (30 en este caso).

### 1.3.8.3.3. Estadísticos Calculados

Después de realizar los cálculos detallados, obtenemos los siguientes resultados:

- Media de las diferencias: -134.43 minutos
- Desviación estándar: 6.23 minutos
- Grados de libertad: 29
- Estadístico t: -118.10
- Valor p: 1.84e-40
- Intervalo de confianza del 95%: (-136.76, -132.11)

### 1.3.8.4. Paso 4: Regla de Decisión

#### 1.3.8.4.1. Valor Crítico

Con 29 grados de libertad y un nivel de significancia del 5% en una prueba bilateral, el valor crítico de t es aproximadamente  $t_{crit} = \pm 2.045$

#### 1.3.8.4.2. Criterios de Decisión:

- Si  $t_{crit}$  rechazamos la hipótesis nula.
- Si el valor p es menor que 0.05, también rechazamos la hipótesis nula.

En nuestro caso, el valor de t1 es -118.10, mucho menor que -2.045, lo que indica una diferencia significativa. Además, el valor p es prácticamente cero, lo que refuerza nuestra decisión.

### 1.3.8.5. Paso 5: Conclusión

Dado que el valor absoluto del estadístico t (-118.10) es mucho mayor que el valor crítico (2.045) y el valor p es prácticamente cero, **rechazamos la hipótesis nula H0**. Esto indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tiempos de inoperación actuales y los propuestos.

Los resultados muestran que la implementación de la jaula del pique 8700 reduce significativamente los tiempos de inoperación en la Unidad Minera OREX, Zona Esperanza. El intervalo de confianza del 95% indica que la reducción promedio está entre 132 y 137 minutos, lo que representa una mejora notable.

Estos hallazgos sugieren que la implementación de la jaula del pique 8700 es una solución efectiva para optimizar el proceso operativo en la mina, mejorando la productividad general. Desde una perspectiva técnica, operativa y económica, los beneficios estadísticamente significativos apoyan la adopción de esta tecnología en operaciones mineras similares.

#### 1.4. Comparación de producción

##### 1.4.1. Producción mensual y anual proyectada

**Tabla 9**  
**Producción mensual en toneladas métricas húmedas**

Mes	Días	TMH/MES Actual	TMH/MES Propuesta
<b>Enero</b>	31	1233	1853
<b>Febrero</b>	28	1104	1664
<b>Marzo</b>	31	1264	1898
<b>Abril</b>	30	1190	1790
<b>Mayo</b>	31	1233	1853
<b>Junio</b>	30	1160	1746
<b>Julio</b>	31	1233	1853
<b>Agosto</b>	31	1233	1853
<b>Septiembre</b>	30	1130	1702
<b>Octubre</b>	31	1233	1853
<b>Noviembre</b>	30	1100	1658
<b>Diciembre</b>	31	1295	1944
<b>Total</b>		14408	21666
<b>TMH por día</b>		40	60
<b>TMH Promedio</b>		1200	1805

La implementación de la jaula del pique 8700 en la Unidad Minera Ores, específicamente en la Zona Esperanza, proyecta una mejora significativa en los niveles de producción para el año 2025. Según la comparación entre los datos actuales y los propuestos, se prevé un incremento sustancial en la producción mensual y anual de toneladas métricas húmedas (TMH). Actualmente, la producción anual alcanza las 14,408 TMH, con un promedio mensual de 1,201

TMH y una producción diaria de 40 TMH. Con la incorporación de la jaula, se proyecta una producción anual de 21,666 TMH, lo que representa un incremento del 50% respecto al escenario actual. Esto equivale a un promedio mensual de 1,805 TMH y una producción diaria de 60 TMH. Este aumento se refleja de forma constante a lo largo de todos los meses del año, lo que sugiere que la implementación de la jaula permitirá una mayor eficiencia en el traslado de mineral y una mejor utilización del tiempo operativo. En términos operativos, este cambio implicaría no solo un aumento en la capacidad de transporte, sino también una optimización de los ciclos de trabajo y del rendimiento general de la unidad minera. Por tanto, la propuesta de implementar la jaula del pique 8700 representa una mejora estratégica orientada a incrementar la productividad y fortalecer la sostenibilidad del proceso extractivo.



**1.5. Analizar los costos asociados de la implementación de la jaula del pique 8700.**

**Tabla 10**

**Datos utilizados para la evaluación económica del proyecto**

DATOS DE ENTRADA	Cantidad	Unidad
Reservas del proyecto	76,612	TMS de Au
Producción mineral mensual sin jaula	1,200	TMS
Producción mineral mensual con jaula	1,800	TMS
Ley	10.00	g/tn
Días de operación/año	360	Dias
Precio del Oro (USD/oz)	2,400	USD/Oz
Rec Total	92.2	%
Producción Oz Au sin Jaula (oz, Mes 0)	356	Oz Au
Producción Oz Au con Jaula (oz, Mes)	534	Oz Au
Inversiones:		
<i>Condicionamiento del Pique y del Castillo (USD)</i>	<i>536,639</i>	<i>USD</i>
<i>Fabricación e Instalación de la Jaula (USD)</i>	<i>110,999</i>	<i>USD</i>
<i>Contingencias (USD) 15%</i>	<i>97,146</i>	<i>USD</i>
CAPEX TOTAL	744,783	USD
Costo sin Jaula (USD, Mes 0)	731	USD
Costo con Jaula (USD/mes)	1,015	USD
Depreciación Mensual (USD)	20,000	USD
Tasa de Descuento Mensual	0.9%	
Tasa de Descuento Anual	12%	
Tasa de Impuesto (%)	30	%
Participación de los Trabajadores (%)	8	%

La tabla presenta los parámetros técnicos, económicos y financieros utilizados en la evaluación económica del proyecto de instalación de una jaula en el pique 8700 de la unidad minera. Estos datos permiten construir los flujos de caja y estimar la rentabilidad del proyecto en condiciones reales de operación.

Desde el punto de vista técnico, se contempla una reserva total de 76,612 toneladas métricas secas (TMS) de mineral con una ley promedio de 10 gramos por tonelada (g/tn) y una recuperación metalúrgica del 92.2 %. La producción mensual se incrementa de 1,200 TMS sin jaula a 1,800 TMS con la jaula, lo que representa un aumento del 50 % en la capacidad operativa. Este incremento se traduce en una producción mensual de oro de 356 onzas sin la jaula y 534 onzas con ella.

La operación está diseñada para ejecutarse 360 días al año. El precio de referencia del oro se establece en 2,400 dólares por onza, valor clave para la estimación de ingresos.

En términos de inversión, el proyecto requiere una intervención inicial de 744,783 dólares, que incluye el acondicionamiento del pique y castillo (536,639 USD), la fabricación e instalación de la jaula (110,999 USD) y un monto adicional por contingencias equivalente al 15 % del total (97,146 USD). La depreciación mensual del activo se ha calculado en 20,000 dólares.

En cuanto a los costos operativos, se registran 731,781 dólares mensuales sin la jaula y 1,015,496 dólares con la implementación de esta. El incremento en los costos se justifica por el mayor volumen de producción y por los gastos asociados a la nueva infraestructura.

Por último, se han considerado los parámetros financieros correspondientes al entorno real de la empresa: una tasa de descuento mensual del 0.9 % (equivalente al 12 % anual), un impuesto a la renta del 30 % y una participación de los trabajadores del 8 %. Estos valores permiten reflejar con mayor precisión el impacto económico del proyecto sobre los ingresos netos.



La tabla expone una comparación detallada de los flujos de caja mensuales proyectados durante un periodo de 48 meses, tanto en el escenario actual de operación sin mejoras (escenario base), como en el escenario futuro que contempla la implementación de una jaula en el pique 8700 (escenario con proyecto). Este análisis resulta fundamental para determinar si la inversión propuesta genera un valor económico agregado a la operación minera.

En el **escenario sin proyecto**, la operación se mantiene con una producción limitada a 1,200 toneladas métricas secas (TMS) de mineral por mes, lo cual genera ingresos constantes de aproximadamente 854 mil dólares mensuales. El costo operativo mensual es de 732 mil dólares, lo que deja un margen operativo de 122 mil dólares. Posteriormente, al considerar gastos generales y administrativos (GGAA) por 31 mil dólares y gastos de gestión de ventas (GGVV) por 15 mil dólares, se obtiene un EBITDA mensual de 76 mil dólares.

Al aplicar la depreciación mensual (20 mil dólares), se determina un EBIT de 56 mil dólares. A este resultado se le aplican los impuestos a la renta (30 %) y la participación de los trabajadores (8 %), los cuales ascienden a 17 mil y 5 mil dólares respectivamente. Finalmente, al reponer la depreciación como componente no monetario, se obtiene un flujo de caja neto o NOPAT de 55 mil dólares mensuales constantes.

Por otro lado, el **escenario con proyecto** contempla la implementación de la jaula, lo cual permite ampliar la capacidad de transporte vertical del mineral y, en consecuencia, elevar la producción mensual a 1,800 TMS. Esta mejora se refleja en un aumento de los ingresos, que alcanzan 1,281 mil dólares por mes. Aunque el costo operativo también se incrementa hasta 1,015 mil dólares, el margen operativo bruto se expande hasta 265 mil dólares. Luego de aplicar los gastos administrativos y de ventas, el EBITDA resultante es de 212 mil dólares mensuales.

Tras aplicar la misma depreciación mensual (20 mil dólares), se obtiene un EBIT de 192 mil dólares. Nuevamente, se deducen los impuestos (58 mil dólares) y la participación de los trabajadores (15 mil dólares), para finalmente llegar a un flujo de caja disponible de 139 mil dólares por mes. Cabe destacar que, en el mes 0, se incluye el desembolso inicial correspondiente al capital de inversión (CAPEX), que asciende a 745 mil dólares.

Al comparar ambos escenarios, se genera un **flujo de caja diferencial** de 84 mil dólares mensuales constantes durante todo el periodo analizado. Este flujo representa el beneficio adicional exclusivo atribuible al proyecto, es decir, el valor económico generado por la inversión en la jaula.

Con base en estos flujos diferenciales, se calculan los indicadores de rentabilidad del proyecto:

- El **valor actual neto (NPV)** asciende a 2,491 mil dólares, lo que indica que, descontando la inversión inicial y el costo del dinero en el tiempo, el proyecto generará beneficios netos adicionales a lo largo de su vida útil. Un NPV positivo es una señal clara de viabilidad financiera.
- La **tasa interna de retorno (TIR)** mensual es del 11 %, valor ampliamente superior a la tasa de descuento utilizada (0.9 % mensual). Esto demuestra que el rendimiento del proyecto excede el costo de oportunidad del capital, lo cual valida la decisión de inversión.
- El **periodo de recuperación de la inversión (Payback)** se estima en 8.8 meses, lo cual significa que el capital invertido será completamente recuperado en un tiempo relativamente corto. Este dato es relevante para proyectos en el sector minero, donde los periodos de recuperación suelen ser más extensos.

El análisis del flujo de caja permite concluir que la implementación de la jaula en el pique 8700 no solo mejora la productividad operativa de la unidad minera, sino que también representa una decisión financieramente sólida. La proyección muestra una generación sostenida de valor en el tiempo, una recuperación acelerada del capital y un nivel de rentabilidad atractivo para la empresa. Esta herramienta cuantitativa respalda la factibilidad económica del proyecto y aporta un fundamento riguroso para su ejecución.

**Tabla 12**  
**Matriz de sensibilidad según ley de cabeza y precio del oro**

Incremento	1.00		INCREM.	100														
			2000	2,100	2,200	2,300	2,400	2,500	2,600	2,700	2,800	2,900	3,000	3,100	3,200	3,300	3,400	
	Ley g/t	<b>3.00</b>	-5,134	-5,007	-4,880	-4,753	-4,626	-4,499	-4,372	-4,245	-4,118	-3,991	-3,863	-3,736	-3,609	-3,482	-3,355	
		<b>4.00</b>	-4,287	-4,118	-3,948	-3,779	-3,609	-3,440	-3,270	-3,101	-2,931	-2,762	-2,593	-2,423	-2,254	-2,084	-1,915	
		<b>5.00</b>	-3,440	-3,228	-3,016	-2,804	-2,593	-2,381	-2,169	-1,957	-1,745	-1,534	-1,322	-1,110	-898	-686	-474	
		<b>6.00</b>	-2,593	-2,338	-2,084	-1,830	-1,576	-1,322	-1,068	-813	-559	-305	-51	203	457	712	966	
		<b>7.00</b>	-1,745	-1,449	-1,152	-856	-559	-263	34	330	627	923	1,220	1,517	1,813	2,110	2,406	
		<b>8.00</b>	-898	-559	-220	119	457	796	1,135	1,474	1,813	2,152	2,491	2,830	3,169	3,508	3,846	
		<b>9.00</b>	-51	330	712	1,093	1,474	1,855	2,237	2,618	2,999	3,380	3,762	4,143	4,524	4,906	5,287	
		<b>10.00</b>	796	1,220	1,644	2,067	2,491	2,915	3,338	3,762	4,185	4,609	5,033	5,456	5,880	6,303	6,727	
		<b>11.00</b>	1,644	2,110	2,576	3,042	3,508	3,974	4,440	4,906	5,372	5,838	6,303	6,769	7,235	7,701	8,167	
		<b>12.00</b>	2,491	2,999	3,508	4,016	4,524	5,033	5,541	6,049	6,558	7,066	7,574	8,083	8,591	9,099	9,608	
		<b>13.00</b>	3,338	3,889	4,440	4,990	5,541	6,092	6,642	7,193	7,744	8,295	8,845	9,396	9,947	10,497	11,048	
		<b>14.00</b>	4,185	4,778	5,372	5,965	6,558	7,151	7,744	8,337	8,930	9,523	10,116	10,709	11,302	11,895	12,488	
		<b>15.00</b>	5,033	5,668	6,303	6,939	7,574	8,210	8,845	9,481	10,116	10,752	11,387	12,022	12,658	13,293	13,929	

La tabla presenta una matriz de sensibilidad del valor actual neto (VAN) ante posibles variaciones simultáneas en dos variables clave del proyecto: la **ley de cabeza del mineral** (g/t) y el **precio del oro** (USD/oz). Este tipo de análisis resulta fundamental para evaluar el grado de sensibilidad que tiene la rentabilidad del proyecto ante cambios en factores operativos y de mercado que no dependen directamente de la gestión, pero que impactan significativamente en los ingresos proyectados.

En el eje vertical se representan distintos valores de ley de cabeza, desde 3.00 hasta aproximadamente 12.00 gramos por tonelada, mientras que en el eje horizontal se muestran variaciones en el precio del oro, desde los 2,000 hasta los 3,400 dólares por onza. Cada celda de la matriz indica el valor actual neto (en miles de dólares) correspondiente a una combinación específica de estos dos parámetros.

#### 1.5.1. Análisis por rangos

- **Ley de cabeza baja (3.0–5.0 g/t):** En este rango, incluso con precios altos del oro, el proyecto no logra ser rentable. Por ejemplo, con una ley de 3.0 g/t y un precio de 2,400 USD/oz (valor base utilizado en la evaluación principal), el VAN es negativo (-4,626 mil USD). Esto demuestra que la operación sería inviable económicamente bajo condiciones de baja concentración del mineral.
- **Ley de cabeza media (6.0–8.0 g/t):** En este tramo se observa una zona de transición. A medida que aumenta el contenido metálico en el mineral, el VAN mejora significativamente. Para una ley de 7.0 g/t y un precio de 2,400 USD/oz, el proyecto alcanza un VAN de 34 mil USD, apenas positivo. A partir de aquí, el proyecto comienza a mostrar viabilidad financiera moderada.
- **Ley de cabeza alta (9.0–12.0 g/t):** A partir de este punto, el proyecto se vuelve claramente rentable. Con una ley de 10.0 g/t y un precio de 2,400 USD/oz, el VAN alcanza los 2,491 mil USD, que es el resultado base utilizado en el análisis económico. A medida que se incrementa el precio del oro o la ley del mineral, el VAN crece de forma sostenida, llegando incluso a superar los 13,000 mil USD en los escenarios más optimistas (ley de 12.0 g/t y precio de 3,400 USD/oz).

Esta matriz permite visualizar que el proyecto es **altamente sensible** tanto a la ley de cabeza como al precio del oro. Si cualquiera de estos factores disminuye de forma significativa, el proyecto pierde su rentabilidad. Sin embargo, también queda

claro que, bajo condiciones favorables, el margen económico se incrementa de forma considerable, lo que respalda la conveniencia de ejecutar el proyecto en un entorno de precios altos y con un adecuado control de la calidad del mineral extraído.

Por tanto, la matriz no solo valida la decisión de inversión en el contexto actual (ley de 10 g/t y precio de 2,400 USD/oz), sino que también ofrece una herramienta valiosa para la toma de decisiones estratégicas futuras, como ajustes operativos, planificación de reservas, o incluso negociación de contratos de venta en función del precio del oro proyectado.

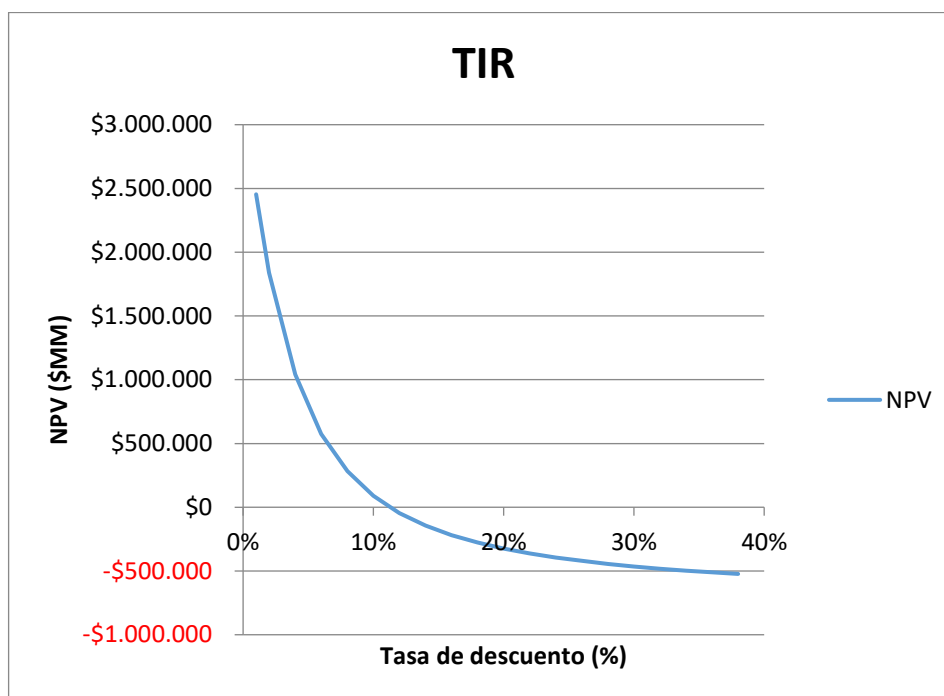


Tabla 13

## Análisis de sensibilidad del valor actual neto según la tasa de descuento

Tasa de descuento Mes	NPV
1%	\$2,454,000
2%	\$1,839,005
4%	\$1,040,615
6%	\$573,516
8%	\$281,984
10%	\$88,897
12%	-\$45,861
14%	-\$144,212
16%	-\$218,731
18%	-\$276,970
20%	-\$323,669
22%	-\$361,919
24%	-\$393,810
26%	-\$420,803
28%	-\$443,942
30%	-\$463,997
32%	-\$481,545
34%	-\$497,030
36%	-\$510,794
38%	-\$523,109

**Figura 10**  
**Tasa interna de retorno**



La tabla presenta el análisis de sensibilidad del valor actual neto (VAN) del proyecto frente a diferentes tasas de descuento mensual, lo cual permite evaluar cómo varía la rentabilidad del proyecto en función del costo del capital o del nivel de riesgo percibido por los inversionistas.

La tasa de descuento es un parámetro clave en la evaluación de proyectos, ya que representa el rendimiento mínimo esperado que justifica realizar una inversión. A medida que esta tasa se incrementa, los flujos futuros pierden valor presente, lo que afecta directamente el VAN.

### 1.5.2. Comportamiento del VAN frente a la tasa de descuento

Cuando la tasa de descuento mensual es **baja (entre 1 % y 6 %)**, el VAN permanece positivo, lo que indica que el proyecto es rentable en condiciones de bajo riesgo o bajo costo de capital. Por ejemplo, con una tasa de descuento del 1 %, el VAN alcanza un máximo de **2,454,000 dólares**, lo cual muestra una fuerte creación de valor para la empresa.

A tasas intermedias, especialmente entre **8 % y 10 % mensual**, el VAN comienza a reducirse considerablemente, aunque sigue siendo positivo. Con una tasa del 10 %, el VAN se reduce a **88,897 dólares**, evidenciando que el proyecto todavía es marginalmente viable, pero con un margen de beneficio estrecho.

A partir de una tasa de **12 % mensual**, el VAN se torna negativo (**-45,861 dólares**), lo que significa que el valor presente de los flujos generados por el proyecto ya no compensa la inversión inicial. A medida que la tasa de descuento aumenta, el VAN continúa disminuyendo de manera progresiva, alcanzando incluso cifras negativas superiores a **500 mil dólares** cuando la tasa llega al 38 % mensual.

Este análisis demuestra que la rentabilidad del proyecto es **altamente sensible a la tasa de descuento**. En contextos donde el costo del capital es bajo, el proyecto genera valor de forma sostenida y es financieramente atractivo. No obstante, en entornos con mayor incertidumbre o donde se exige un mayor rendimiento para justificar la inversión, la viabilidad del proyecto se ve comprometida.

Desde el punto de vista financiero, esta sensibilidad refuerza la importancia de mantener controlado el riesgo operativo, así como asegurar condiciones de financiamiento favorables. Asimismo, este análisis justifica el uso de una tasa de descuento conservadora (en este caso, 0.9 % mensual o 12 % anual) en la evaluación base, ya que representa un punto crítico donde la rentabilidad cambia de signo.

## CONCLUSIONES

- PRIMERA:** La implementación de la jaula del pique 8700 en la Unidad Minera Orex permitió mejorar significativamente el sistema de transporte vertical, incrementando la capacidad operativa y optimizando la productividad general de la mina. Esta intervención tecnológica contribuyó no solo a una mayor eficiencia en el traslado del personal y mineral, sino también a una mejora sustancial en los indicadores económicos del proyecto.
- SEGUNDA:** El análisis de la situación actual evidenció limitaciones importantes en la producción de la Unidad Minera Orex, principalmente asociadas al sistema de izaje existente. Estas restricciones generaban cuellos de botella operativos, pérdidas de tiempo y reducción en la eficiencia global del proceso extractivo, justificando la necesidad de implementar una solución técnica como la jaula del pique 8700.
- TERCERA:** Se definió un diseño técnico adecuado para la jaula del pique 8700, considerando parámetros de seguridad, capacidad de carga y compatibilidad con la infraestructura existente. Este diseño fue validado bajo criterios de ingeniería y normativas aplicables, garantizando su funcionalidad en condiciones reales de operación subterránea.
- CUARTA:** La evaluación de los tiempos muertos en el transporte del personal demostró una reducción significativa tras la implementación de la jaula. Esta mejora impactó directamente en la continuidad operativa y en el aprovechamiento de los turnos de trabajo, lo cual contribuyó a una mayor eficiencia en la utilización del recurso humano.
- QUINTA:** El análisis económico permitió establecer que la implementación de la jaula, a pesar de implicar una inversión inicial considerable, genera beneficios económicos tangibles a corto y mediano plazo. Los resultados financieros (VAN positivo, TIR elevada y periodo de recuperación breve) confirman la rentabilidad del proyecto, respaldando su viabilidad técnica y económica.

## RECOMENDACIONES

### 1. Optimización del uso de la jaula del pique 8700

**Recomendación:** Una vez implementada la jaula del pique 8700, es importante establecer un plan de mantenimiento preventivo riguroso para evitar paradas no planificadas. Además, se debe capacitar continuamente al personal sobre su uso eficiente y seguro para maximizar los beneficios de la inversión.

**Justificación:** La capacitación constante y el mantenimiento adecuado garantizarán la continuidad operativa y reducirán el riesgo de fallos, permitiendo una mejora sostenida en la productividad.

### 2. Monitoreo y análisis continuo de los tiempos operativos

**Recomendación:** Implementar un sistema de monitoreo en tiempo real para evaluar continuamente los tiempos de transporte y operación del personal, con el fin de identificar posibles áreas de mejora y ajustar el proceso de manera dinámica.

**Justificación:** Esto permitirá medir el impacto real de la jaula en los tiempos muertos y evaluar si se alcanzan las metas de eficiencia previstas. Además, posibilitará la toma de decisiones informadas para realizar ajustes cuando sea necesario.

### 3. Ampliar el uso de la tecnología a otras áreas de la mina

**Recomendación:** Se sugiere explorar la implementación de tecnologías similares a la jaula del pique 8700 en otras áreas de la mina que también presenten problemas relacionados con tiempos muertos o ineficiencias operativas.

**Justificación:** La tecnología de izaje eficiente ha demostrado ser altamente efectiva en la zona Esperanza. Replicar este enfoque en otras áreas podría tener un impacto positivo en la productividad general de la mina.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, E., & Legua, F. (2020). *Diseño y ejecución de la profundización de un pique de doble compartimento para el incremento de reservas minerales en la Unidad Minera AGROMIN La Bonita SAC*. [Trabajo de Suficiencia para optar el Título Profesional de Ingeniero de Gestión Minera].
- Anderson, J. (2019). *Cost management in mining operations*. Mining Publications.
- Andújar et al. (2021). Minería del cobre en Perú: análisis de las variables exógenas y endógenas para gestionar su desarrollo. *Revista Venezolana de Gerencia: RVG*, 26(94), 784--801. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8890457>
- AngloGold Ashanti. (2021). *Seguridad y producción en Mina Mponeng*.
- Antamina. (2020). *Reporte de Sostenibilidad 2020*.
- Apaza, E. (2020). *Extracción vertical del pique 7801 con winche de izaje e incremento de producción a partir de la gestión del tiempo U.E.A. San Juan de Arequipa*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas].
- Berrocal, K. (2021). Implementación de controles tecnológicos para la mejora continua en la reducción de accidentes en la construcción de piques. *TAYACAJA*, 4(2), 111--123.
- Castillo, E., & Valverde, J. (2021). Royalty Minero y Tasas Efectivas de Tributación de la Minería en Chile: Análisis y Propuestas. *Revista de Estudios Tributarios*(25), 293--324.
- Choque, J. C. (2021). *Evaluación del sistema de izaje y propuesta de uno nuevo para incrementar la producción de la veta Mercedes en la unidad minera San Juan de Arequipa*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas].
- Codelco. (2021). *Automatización avanzada en Chuquicamata*. Obtenido de <https://www.codelco.com>
- Comisión Chilena del Cobre (Cochilco). (2023). *Reportes anuales*. Comisión Chilena del Cobre (Cochilco). Chile.
- Concepción, L. (2021). *Diseño de un winche de izaje con capacidad 10TM para aplicaciones en minicentrales hidroeléctricas*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico].

- Cruz, E. (2023). *Optimización del sistema de izaje para incrementar la producción y reducir costos en la minera Artesanal La Soledad, Pataz-2023*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas].
- Davis, P. (2021). Advanced Hoisting Systems in Mining. *Journal of Mining Technology*, 3(45), 301-317.
- Demmanuel, J. (2022). *Proyecto de profundización del pique inclinado 494 con winche de izaje e incremento de las reservas minables mina La Españolita*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas]. Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e65d24a2-3a23-4426-9fa2-18ee9abe08f8/content>
- Figuroa, L. (2023). *Elaboración de una propuesta de mejora de la gestión del talento humano en el área de operaciones mineras en Compañía Minera Antamina S.A.* [Tesis para optar el Grado Académico de Mestro en Administración de Negocios]. Obtenido de [https://repositorio.epnewman.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12892/798/TRABAJO\\_DE\\_INV\\_MAN\\_LUIS%20HAYLE%20FIGUEROA%20MERCADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.epnewman.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12892/798/TRABAJO_DE_INV_MAN_LUIS%20HAYLE%20FIGUEROA%20MERCADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Florez, et al . (2022). Identificación de componentes y herramientas para la gestión de seguridad del título III del reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería que influyen en la mejora de la gestión de riesgos laborales de la actividad minera. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(3), 2566-2595.
- Freeport-McMoRan. (2020). *Modernización en Mina Cerro Verde*. Obtenido de <https://www.fcx.com>.
- Freeport-McMoRan. (2022). *Innovaciones en Mina Grasberg*.
- Garcia, R., & Lee, S. (2024). *Improving Mine Production through Technological Innovations*. London: Tech Press.
- Glencore . (2022). *Mejoras en la Mina Kidd*. Obtenido de <https://www.glencore.com>
- Glencore. (2022). *Actualización tecnológica en Mina Mount Isa*. Obtenido de <https://www.glencore.com>.
- Guzmán, H. (2024). *Método de prevención de accidentes laborales en el cumplimiento de los objetivos operacionales de la Unidad Minera San Juan de Chorunga 2023*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas].

- Hernández et al. (2014). *Metodología de la Investigación* (Vol. 6). McGraw-Hill.
- Hernandez, M., & Thompson, R. (2021). Preventive Maintenance in the Mining Sector. *Mining Engineering*, 56(2), 215-228.
- Hill, R. (2021). *Implementación de sistemas automatizados*.
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2023). *Prevención de riesgos laborales*.
- Johnson, P. (2020). *Real-Time Monitoring in Mining Operations*. Sydney: AusTech.
- Johnson, P., & Evans, T. (2021). Operational Efficiency in Mineral Extraction. *Mineral Economics*, 78(4), 453-468.
- Juan de Dios, R. (2021). *Diseño de un winche de izaje de un tambor para la extracción de 20000 Tn/mes para la minera Sotrami S.A. de Ayacucho – 2020*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico].
- Layme, E., & Phacsi, C. (2023). *Valorización de los lodos de la planta de tratamiento de las aguas residuales mediante el proceso de compost con estiércol de cerdo en la unidad minera Ores, Arequipa - 2022*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingenieras Ambientales].
- Medina, J. C., & Saavedra, J. (2023). *Propuesta de mejora del proceso de Producción de Winches de Izaje para incrementar la entrega a tiempo de sus pedidos usando herramientas Lean y de control de procesos en la industria metalmecánica*. [Trabajo de Suficiencia para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial].
- Miller, T. (2023). *Technological advances in mining hoisting systems*.
- Minerals Council South Africa. (2023). *Annual Review*. Minerals Council South Africa. Sudáfrica.
- Minerals Council South Africa. (2023). *Annual Review*.
- Ministerio de Energía y Minas. (2024). *Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Ed. 2024*.
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2023). *Estadísticas mineras*. Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, Ecuador.
- Ministerio de Minería y Metalurgia. (2023). *Informes de productividad minera*.
- Ministero dello Sviluppo Economico. (2023). *Guías Manuales Siniestralidad*.

Newman et al . (2020). *Occupational Safety and Health in Mining*.

Organización Mundial del Trabajo. (2020). *Equipos de protección personal*. Obtenido de <https://www.ilo.org/es/temas/administracion-e-inspeccion-del-trabajo/biblioteca-de-recursos/la-seguridad-y-salud-en-el-trabajo-guia-para-inspectores-del-trabajo-y/equipos-de-proteccion-personal>

Palabora Mining Company. (2021). *Automatización en Mina Palabora*. Obtenido de <https://www.palabora.com>

Palomino, F. (2023). *Optimización del Sistema de izaje del Inclinado 420 para el incremento de la capacidad de extracción principal de la Unidad Minera Esperanza – 2022*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas].

Polo et al. (2020). Transferencia tecnológica para la producción limpia en la minería de materiales aluviales en La Guajira, Colombia. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 8(1), 6-20.

Porter, M. (2019). *Competitive Advantage in Mining*.

Quispe, E. (2024). *Análisis del proceso de perforación y voladura en la explotación de la veta San Martín tajo 140 NV 400 en la mina cerrito Pecoy-Arequipa*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas].

Ramos, M. (2021). *Optimización de la extracción de mineral con winche de izaje, para incrementar la producción en la mina Challhuamayo de la Corporación Minera Santa Teresa E.I.R.L. – Ituata*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas].

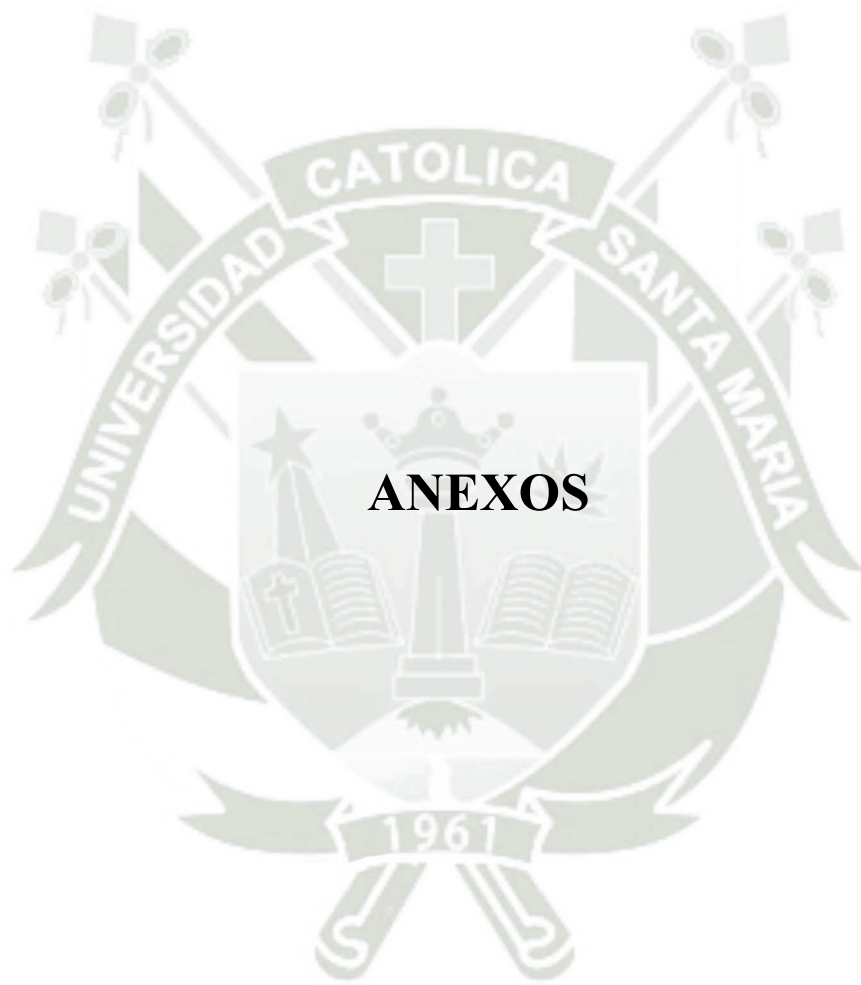
Ricse, D. (2019). *Rediseño del sistema de izaje para mejora del rendimiento de extracción– Unidad Minera San Juan de Chorunga–2019*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas].

Rio Tinto. (2020). *Mejoras en la Mina Bingham Canyon*. Obtenido de <https://www.riotinto.com>

Rio Tinto. (2021). *Modernización en Mina Oyu Tolgoi*.

Robbins, S., & Judge, T. (2019). *Organizational Behavior*. Obtenido de <https://www.royhill.com.au>.

- Scotto, C., & Uribe, J. I. (2023). *Propuesta de un sistema mecanizado de izaje para mejorar la productividad del ciclo de extracción del pique 110 de la unidad minera La Verdosa*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Gestión Minera].
- Smith et al. (2019). Downtime Management in Mining Operations. *Journal of Operational Efficiency*, 61(2), 134-149.
- Smith, J., & Brown, K. (2020). *Innovations in mineral extraction*.
- Teck Resources. (2023). *Tecnología avanzada en la Mina Red Dog*. Obtenido de <https://www.teck.com>
- Tecnología Minera. (2021). *Minería subterránea: ¿Cómo se protegen los trabajadores durante su actividad?* . Obtenido de <https://tecnologiaminera.com/noticia/mineria-subterranea-como-se-protegen-los-trabajadores-durante-su-actividad-1608270705>
- Thompson, R. (2020). *Productivity in Mining Operations*. Mining Press.
- Tristán et al. (2012). Control estructural para el emplazamiento de vetas y domos félsicos en el distrito minero de Zacatecas, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 64(3), 353-367.
- Velásquez, E. (2022). Gestión del proceso de capacitación en las áreas soporte de negocio en una empresa contratista de minería y construcción en Lima. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 132-154.
- Williams, D. (2021). Enhancing Safety Measures in Mining. *Safety Science Journal*, 34(4), 401-419.



ANEXO 1  
IMÁGENES

Figura 11  
winche de 175 hp

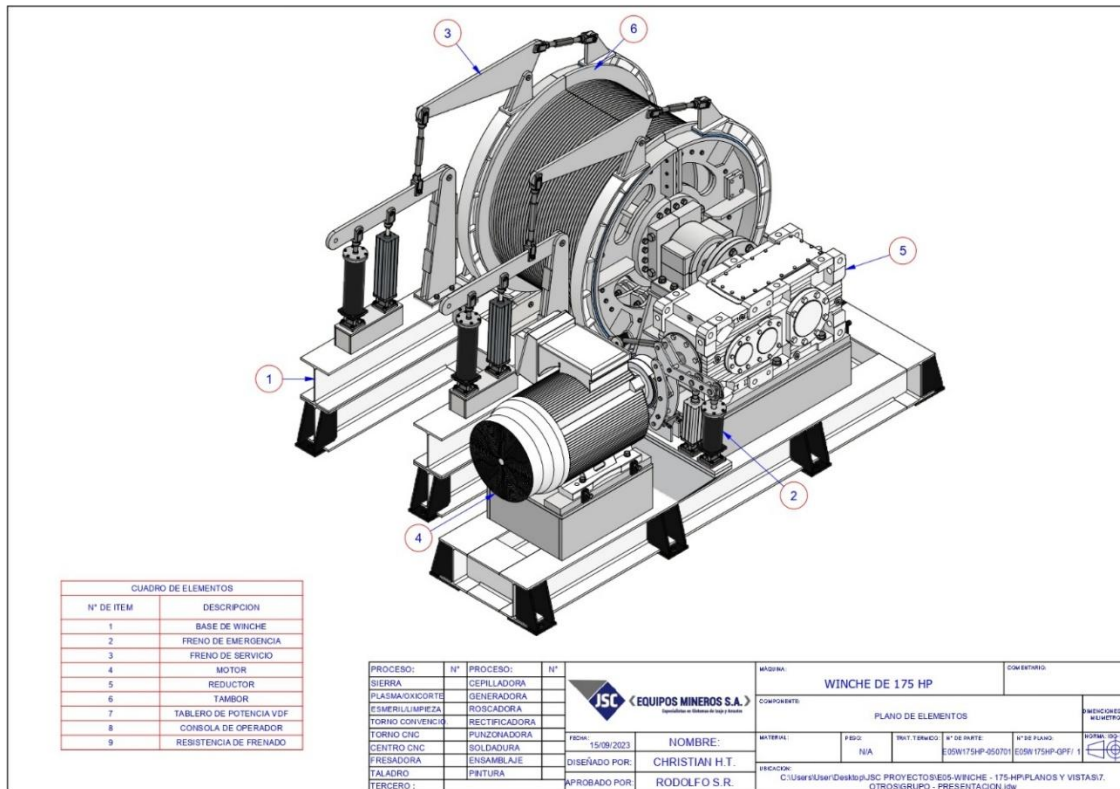


Figura 12  
Cable winche



Nota: Apaza (2020).

Figura 13  
Jaula

