

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**DISEÑO DE PIQUE INCLINADO Y PLANEAMIENTO DEL
SISTEMA DE EXTRACCIÓN PARA INCREMENTAR LA
PRODUCCIÓN DE MINERAL EN LA UNIDAD MINERA CUATRO
HORAS MACDESA S.A.**

TESIS

PRESENTADA POR:

JOSÉ CARLOS TUERO CALCINA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO – PERÚ

2019



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

**DISEÑO DE PIQUE INCLINADO Y PLANEAMIENTO DEL
SISTEMA DE EXTRACCIÓN PARA INCREMENTAR LA
PRODUCCIÓN DE MINERAL EN LA UNIDAD MINERA CUATRO
HORAS MACDESA S.A.**

**TESIS PRESENTADA POR:
JOSÉ CARLOS TUERO CALCINA**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADA POR:

PRESIDENTE:

.....
M.Sc. Mario Serafin Cuentas Alvarado

PRIMER MIEMBRO:

.....
M.Sc. Américo Arizaca Avalos

SEGUNDO MIEMBRO:

.....
Ing. Esteban Aquino Alanoca

DIRECTOR DE TESIS:

.....
Dr. Jorge Durant Broden

Área: Ingeniería de Minas.

Tema: Diseño y Planeamiento de minado

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 01 DE JULIO DEL 2019

DEDICATORIA

*A Dios, supremo creador de todas las cosas,
por ser la luz en mis sueños y lumbrera en
mi camino.*

*A mi Madre Adela Brígida, por su apoyo
incondicional, que en todo momento me ha
motivado para culminar esta investigación.*

*A mi hermano Fray Eduar que me ha dado
palabras de ánimo y gran estímulo,
motivándome en el largo camino de la
carrera.*

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento muy especial a la Universidad Nacional del Altiplano Puno, a su Facultad de Ingeniería de Minas, en especial a los docentes que me inculcaron conocimientos primordiales.

A la Unidad Minera Cuatro Horas MACDESA por su apoyo y disposición para la ejecución del presente trabajo de investigación, en especial al Ing. Ricardo Cáceres Guillen.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 13

ABSTRACT 14

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA 15

1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA 16

1.2.1. Problema general 16

1.2.2. Problemas específicos 16

1.3. OBJETIVOS 17

1.3.1. Objetivo general 17

1.3.2. Objetivos específicos 17

1.4. HIPÓTESIS 17

1.4.1. Hipótesis general 17

1.4.2. Hipótesis específicas 17

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES 20

2.2. MARCO TEÓRICO 22

2.2.1.	Pique minero.....	22
2.2.2.	Tipos de pique mineros	23
2.2.3.	Estructura del pique inclinado.	27
2.2.4.	Factores de diseño de un pique inclinado.....	28
2.2.5.	Sistemas de extracción del pique inclinado.....	32

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	39
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	40
3.3.	VARIABLES	40
3.4.	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	40
3.4.1.	Información geológica.....	40
3.4.2.	Mineralogía.....	44
3.4.3.	Información geomecánica.	47
3.4.4.	Información topográfica.	53

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	DISEÑO DEL SISTEMA DE IZAJE.....	55
4.1.1.	Diseño del pique inclinado.	55
4.1.2.	Diseño de sección.....	55
4.1.3.	Cálculo de la maquinaria de extracción del pique inclinado.....	56
4.1.4.	Diseño del cable de izaje.....	57
4.1.5.	Cálculo del cable óptimo y su peso.	62
4.1.6.	Cálculo de las dimensiones de la tambora del winche	68
4.1.7.	Cálculo, requerimiento del motor.....	72

4.1.8.	Capacidad del motor del winche eléctrico.....	82
4.2.	PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN.....	86
4.2.1.	Ingeniería para la ejecución del pique inclinado.	86
4.2.2.	Operación en la ejecución del pique inclinado.	87
4.2.3.	Servicios para la ejecución del pique inclinado.	89
4.2.4.	Descripción del proceso de ejecución del pique inclinado.....	95
4.2.5.	Obras civiles.	96
4.2.6.	Instalación, energizado y prueba de winche de izaje.....	97
4.2.7.	Cronograma de actividades para la construcción del pique inclinado.	97
4.2.8.	Cálculo de costos de pique inclinado.	98
4.2.9.	Cálculo del costo total de la infraestructura.	100
4.2.10.	Inversión total en la ejecución del pique inclinado.	101
4.2.11.	Ingresos por venta de mineral.....	102
4.2.12.	Evaluación económica.....	102
4.3.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	105
	CONCLUSIONES	107
	RECOMENDACIONES	108
	BIBLIOGRAFÍA	109
	ANEXOS	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valoración total del RMR.....	51
Tabla 2: Valoración geomecánica RMR CX 1760	52
Tabla 3: Valoración geomecánica GAL 520	53
Tabla 4: Parámetros para el diseño de un pique inclinado	55
Tabla 5: Parámetros para el diseño de la sección	55
Tabla 6: Constantes de masas y esfuerzos de cables de alambre.....	59
Tabla 7: Datos de cables de alambre para minería	65
Tabla 8: Resumen de características del cable para izaje óptimo.....	65
Tabla 9: Características de la tambora.....	72
Tabla 10: Fórmulas para calcular diagramas de carguío en izaje con winches de tambor cilíndrico para piques verticales o inclinados	73
Tabla 11: Formula para componentes de fricción	74
Tabla 12: Nomenclatura y descripciones.....	75
Tabla 13: Cálculo de los componentes de acuerdo a la tabla	77
Tabla 14: Cálculo de las potencias por periodos de acuerdo a la tabla.....	78
Tabla 15: Cálculo de potencias del sistema de izaje.....	79
Tabla 16: Valores finales de potencia en cada punto.....	79
Tabla 17: Características finales del winche eléctrico	82
Tabla 18: Características finales del winche eléctrico.....	84
Tabla 19: Comparación de las características del diseño del pique inclinado.....	84
Tabla 20: Comparación de resultados de la máquina de extracción.....	84
Tabla 21: Comparación de la producción de mineral.....	85
Tabla 22: Cronograma de actividades.....	97
Tabla 23: Costos de perforación y voladura del pique inclinado 8' x 8'	98

Tabla 24: Resumen general de costos unitarios.....	99
Tabla 25: Costo total de las labores físicas.....	100
Tabla 26: Inversión total en la ejecución del pique inclinado.	101
Tabla 27: Parámetros de la evaluación económica.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Pique vertical con veta en el pendiente	24
Figura 2: Pique vertical interceptando la veta	24
Figura 3: Pique vertical con veta al yacente	25
Figura 4: Pique inclinado en la mina Yauliyacu.....	26
Figura 5: Winche de Izaje con una sola tambora.....	36
Figura 6: Cable de Izaje	36
Figura 7 : Tabla para definir el tipo de sostenimiento	50
Figura 8 : Plano topográfico donde se plantea realizar el pique inclinado	54
Figura 9: Diagrama de cuerpo libre, adaptación de Arias Calla (2013)	60
Figura 10: Diagrama de cuerpo libre asociado adaptación de Arias Calla	61
Figura 11: Diagrama de una tambora	69
Figura 12: Diagrama de las potencias de izaje de acuerdo al tiempo de izaje en minas subterránea y a cielo abierto, Novitzky, 1965	73
Figura 13: Diagrama de potencia para el sistema de extracción.....	80
Figura 14: Comparación de producción de mineral.....	85
Figura 15: Diagrama del pique inclinado	87
Figura 16: Polea en el punto de quiebre	87
Figura 17: Distribución de espacios de sección 8 x 8.....	90
Figura 18: Vista en planta de las instalaciones del inclinado	92
Figura 19: Base metálicas y empalme de guidores	93
Figura 20: Código de timbrado para el sistema de izaje.....	94

ÍNDICE DE ANEXOS

- P1: Plano de ubicación de la Unidad Minera Cuatro Horas - MACDESA S. A.
- P2: Plano de geología regional de la Unidad Minera Cuatro Horas - MACDESA S. A.
- P3: Plano de ubicación del pique inclinado en la zona de esperanza sur – vista en planta
- P4: Plano de ubicación del pique inclinado en la zona de esperanza sur – vista de perfil
- P5: Plano del pique inclinado vista en planta
- P6: Plano del pique inclinado vista longitudinal

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

Art.	: Artículo
Bz	: Buzamiento
Cx	: Crucero
D.S.	: Decreto Supremo
E	: Este
F.S.	: Factor de seguridad
Gal	: Galería
HP	: Horse Power
IPERC	: Identificación de Peligros, Evaluación y Control de Riesgos
N	: Newton
Nv	: Nivel
ppm	: Partes por Millón
RQD	: Índice de calidad de roca
S	: Sur
SE	: Sur Este
SSOMA	: Seguridad Salud Ocupacional y Medio Ambiente
UEA	: Unidad Económica Administrativa
UTM	: Universal Transverse Mercator
W	: Oeste

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la Unidad Minera Cuatro Horas - MACDESA S.A. del distrito de Chaparra, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa, en donde las reservas de mineral de alta ley han disminuido. Para poder explotar los recursos minerales que se encuentran a profundidad, es necesario construir el pique inclinado mediante el cual ingresarán tres carros mineros U-35 del nivel superior accionados por el winche, El objetivo de la presente tesis fue diseñar un pique inclinado que sirve para el transporte de mineral y desmonte, y de esta manera se desarrolló una planificación adecuada para su ejecución en el proceso de profundización e incrementar la producción de mineral. La metodología de investigación es descriptivo que consiste en describir y analizar el proceso de extracción mediante el diseño del pique inclinado y su sistema de izaje. Los resultados determinaron que el pique inclinado tendrá una sección de 2.40 x 2.40 con una longitud de 200 metros y una inclinación de 40°, para lo cual se hizo cálculos de la maquinaria de extracción a utilizar: winche con potencia de motor 80 HP, cable Flattened – Triangular Strand de 22 mm de diámetro, la producción de mineral anual calculado es de 54 000 toneladas; Asimismo, el planeamiento de la ejecución del pique inclinado tendrá una duración de 5 meses, además se presentó una evaluación económica, donde el costo de inversión asciende una suma de 218 028 U\$ dólares americanos que comprende el laboreo, perforación y voladura, equipos de izaje y equipos de transporte entre otros que permitirán un incremento de la producción y productividad en un 412% haciendo de este proyecto altamente rentable.

Palabras clave: Pique inclinado, diseño, planeamiento, profundización, sistema de extracción.

ABSTRACT

This research work was carried out at the Unidad Minera Cuatro Horas - MACDESA S.A. from the district of Chaparra, province of Caravelí, department of Arequipa, where the reserves of high grade ore have decreased. In order to exploit the mineral resources that are at depth, it is necessary to build the inclined pique through which three U-35 mining cars of the upper level driven by the winch will enter. The objective of this thesis was to design an inclined pique that serves to the transport of ore and dismantling, and in this way an adequate planning was developed for its execution in the process of deepening and increasing the production of ore. The research methodology is descriptive that consists in describing and analyzing the extraction process through the design of the inclined pique and its lifting system. The results determined that the inclined pit will have a section of 2.40 x 2.40 with a length of 200 meters and an inclination of 40°, for which calculations of the extraction machinery to be used were made: winch with 80 HP motor power, cable Flattened - Triangular Strand of 22 mm in diameter, the calculated annual ore production is 54 000 tons; Likewise, the planning of the execution of the inclined pique will have a duration of 5 months, in addition an economic evaluation was presented, where the cost of investment amounts to a sum of US \$ 218,028 that includes the tillage, drilling and blasting, equipment of Lifting and transport equipment among others that will allow an increase in production and productivity by 412% making this project highly profitable.

Keywords: Inclined bite, design, planning, deepening, extraction system

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Minera Aurífera MACDESA es una empresa minera de pequeña escala que viene desarrollando sus operaciones en la U.E.A. Cuatro Horas, ubicado en el distrito de Chaparra Provincia de Caraveli, Región de Arequipa, a una distancia de 280 Km y con altitudes que varían entre los 1930 y 3200 m.s.n.m. Ver Anexo P1.

El método de explotación se realiza de manera convencional, desarrollándose labores dirigidas principalmente a las vetas, mediante cruceros, chimeneas, tajos y galerías, debido al buzamiento del yacimiento que varía entre 40° a 50° se aplica el método de explotación de corte relleno ascendente, el sostenimiento se realiza con cuadros de madera y el relleno se realiza con material detrítico con una producción promedio de 110 TM/día, las características de las cajas encajonantes son medianamente competentes, para la extracción del mineral se realiza de forma horizontal aplicando la técnica de circado, cada block de mineral tiene una longitud promedio de 40 m que está delimitado por chimeneas de servicio, se aplica este método con la finalidad de controlar el ancho de minado evitando mayores fractura de cajas en las zonas donde los hastiales tienen problemas estructurales.

Actualmente las reservas de mineral de alta ley están disminuyendo considerablemente y la única zona de producción de alta ley es la zona de esperanza que está en un proceso de profundización, en la cual existe un pique y la extracción se realiza con un balde skip, pero el ciclo de trabajo de este sistema es deficiente y no se logra extraer el mineral y desmonte que se requiere, desarrollar un pique inclinado que permita el acceso incrementando las reservas, aprovechando la infraestructura existente obedece a reducir al mínimo las inversiones, esto implica diseñar y construir labores de profundización en niveles inferiores.

Los sistemas de izaje tienen como finalidad reducir el esfuerzo humano, mejorado la producción y productividad, así como la velocidad de extracción sea vertical o inclinada; un sistema de extracción mediante Pique Inclinado utilizando carros U-35 va a permitir el incremento de nuestra producción de mineral en la minera aurífera MACDESA, esto amerita realizar un diseño que permitan avances y control preventivo de riesgos que ameritan este tipo de labores.

1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cómo el diseño del pique inclinado y planeamiento del sistema de extracción influye en el incremento de la producción de mineral en la Unidad Minera Cuatro Horas - MACDESA S.A.?

1.2.2. Problemas específicos

¿En qué medida el diseño del pique inclinado influirá en el incremento de la producción de mineral en la Unidad Minera Cuatro Horas – MACDESA S.A.?

¿Cómo influye el planeamiento de sistema de extracción en la producción de mineral en la Unidad Minera Cuatro Horas – MACDESA S.A.?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general.

Diseñar el pique inclinado y planificar el sistema extracción e incrementar la producción de mineral en la Unidad Minera Cuatro Horas – MACDESA S.A.

1.3.2. Objetivos específicos

Diseñar el pique inclinado que permita incrementar la producción de mineral en la Unidad Minera Cuatro Horas - MACDESA S.A.

Planificar el sistema de extracción con la finalidad de incrementar la producción de mineral en la Unidad Minera Cuatro Horas – MACDESA S.A.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis general

El diseño de pique inclinado y la planificación del sistema de extracción incrementarán la producción mineral en la Unidad Minera Cuatro Horas MACDESA S.A.

1.4.2. Hipótesis específicas

El diseño del pique inclinado incrementará de la producción de mineral en la Unidad Minera Cuatro Horas MACDESA S.A.

La planificación del sistema de extracción mediante un pique inclinado incrementará la producción de mineral en la Unidad Minera Cuatro Horas MACDESA S.A.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Desde los primeros años del presente siglo muchos yacimientos en todo el país se pusieron en valor, dando paso al desarrollo de proyectos mineros de pequeña escala que en algún momento no contaban con viabilidad por los precios bajos que de forma

sostenido se ha ido incrementando, alcanzado cifras que ha promovido el desarrollo de este estrato, que dejó de ser artesanal, pasando a explotaciones con mejor tecnología amparados en Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y Minería Artesanal del año 2002. Hoy en día los pequeños productores mineros no solo están mejorando y tecnificando su explotación sino también están implementando nuevas tecnologías con la finalidad de incrementar la producción y productividad con labores que exigen la competencia de expertos.

En toda obra minera siempre se está recurriendo a perfeccionar y a realizar innovaciones tecnológicas, utilizando técnicas modernas en las operaciones que son particulares de cada yacimiento, la optimización requiere infraestructuras y el diseño de estas obras subterráneas tomando medidas orientadas a la estabilización de las excavaciones debido a las perturbaciones que se produce producto del laboreo, de allí que realizar un pique amerite diseñar el porte, diámetro, método de profundización, recubrimiento de las paredes, enganches y la selección de los equipos, todos estos aspectos ameritan una propuesta de ingeniería al detalle que garantice principalmente la seguridad de los trabajadores y la inversión que se realizara.

Para hacer posible el acceso a las reservas y los recursos explotables desde el Nivel 1630 hasta el Nivel 1760 de la veta Nancy en la Unidad Minera Cuatro Horas, es importante diseñar un pique inclinado de pendiente negativa, y se deberá preparar la infraestructura necesaria para la extracción eficiente del mineral, siguiendo el método de explotación de corte y relleno ascendente.

La importancia de realizar un pique inclinado en vez de una rampa negativa es por dos razones fundamentales, la primera es porque aún se desconoce las reservas de mineral a más de 200 metros de profundidad del nivel 1760 y es de alto riesgo económico realizar

una rampa si no se cuenta con esa información; asimismo porque la veta que se explotara se encuentra con un buzamiento promedio de 43 grados, es decir aproximadamente similar al pique inclinado, esto será favorable cuando estemos desarrollando la extracción de los tajos que será por el método de corte y relleno ascendente; de esta manera nuestras operaciones en el proceso de extracción será eficiente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Según Fernandez (2017), en su Informe Profesional Titulada “Implementación del Skip con Guiaderas de Madera para la Profundización del Pique Inclinado 90 e Incremento de Extracción de Mineral en Minera La Española” en sus conclusiones indica: “Con la implementación del Skip con guiaderas de madera con este sistema de izaje se logró una producción de 30.24 TM/guardia en comparación con el sistema de izaje convencional winche hechizo de 5HP solo se producía 15.6 TM/guardia, lo cual nos muestra un incremento de 14.64TM/guardia, se ha podido ver que el nuevo sistema de izaje es más eficiente que el sistema de izaje convencional con balde y winche hechizo de 5HP”

En el tercer ítem concluye, “El acondicionamiento del pique inclinado 90 se ha logrado en menor tiempo posible de un solo compartimiento para que pueda entrar en funcionamiento el skip una vez instalado las guiaderas”

En el cuarto ítem concluye, “Se ha podido aliviar en su totalidad los problemas que presentaba el antiguo sistema de izaje ya no hay desgaste de cáncamos, platinas y horas muertas por el mismo problema que se presentaba en los momentos de izaje”

Condori (2017) En su Tesis Titulada “Diseño y planeamiento de minado subterráneo para incrementar la producción diaria de la Unidad Operativa Pallancata – Proyecto Pablo – Compañía Minera ARES S.A.C.” concluye, “ Con la explotación del Proyecto Pablo se logró incrementar la producción diaria con 320 toneladas a la producción diaria de la mina Pallancata este aporte es netamente del Proyecto Pablo, donde entre tajeos convencionales y avances se logra contribuir a 948 TM/día de un programado de 887 TM/día, con el aporte del Proyecto Pablo se incrementa los niveles de producción diaria como en el acumulado mensual de 19,461 TM/mes a 29,384 TM/mes en promedio”

Prado (2015) en su Tesis Titulada “Proyecto de profundización del pique vertical 650 Alex, del Nivel 10 al Nivel 16, Unidad Minera Americana de Empresa Minera Casapalca S.A. – 201. C”. Concluye en su ítem 4, “La ubicación del pique es estratégico ya que se encuentra casi paralelo al cuerpo mineralizado, de esta manera se podrá continuar más óptimamente que por otro acceso con la extracción del mineral, inclusive de niveles más inferiores al nivel 16”.

En la profundización de una mina y cuando se requiere extraer mineral o desmonte, y además se necesite introducir materiales, equipos y personal es necesario la construcción de piques e implementar sistemas de izaje, los factores que se toman en cuenta en su construcción son la necesidad de la extracción del mineral y la reducción de costos de producción por lo que a medida que pasan los años y cuando las reservas quedan en niveles más inferiores se replantean los sistemas de extracción recurriendo al izaje por medio de piques, de allí que se requieren estudios previos como geología, hidrogeología, geotecnia, y geomecánica que indiquen la calidad del macizo rocoso en el área de construcción del pique (Mamani, 2014).

Transportar personal y materiales en la Unidad de Producción papagayo entre los niveles 2400 y los inferiores requieren un proyecto de construcción de un pique denominado Jimena con la finalidad de transportar trabajadores, servicios y materiales a través de diferentes niveles y estaciones; el estudio técnico económico aplicando ingeniería básica con la finalidad de incrementar la producción en la compañía Poderosa redujeron el tiempo de transporte desde la plataforma por medio de dumper y a nivel de indicadores económicos se logró un costo beneficio de 1,64 y un periodo de recuperación de 5,25 años (Sánchez, 2014).

2.2. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo aborda nociones teóricas acerca de diferentes conceptos, como son definiciones sobre los parámetros que se consideran en el diseño de obras de infraestructura en minería, así mismo los métodos de cálculo para su respectivo dimensionamiento.

2.2.1. Pique minero.

Los piques son labores verticales que sirven de comunicación entre la mina subterránea y la superficie exterior con la finalidad de subir o bajar al personal, material, equipos y el mineral. La construcción se hace normalmente de arriba para abajo, por método de bancos de tal manera que se perfora y dispara la mitad de la superficie del fondo del pique y esta operación se hace en forma alternada hasta su terminación. Las paredes del pique se disparan con Smooth Blasting (voladura controlada) para conseguir una pared lisa o superficie plana (De la Cruz, 2000).

La sección puede ser circular o rectangular, dependiendo del diseño. Puede tener dos o más compartimentos, los que dependen de la capacidad y de las instalaciones con que cuenta la operación, por lo que cada sección puede ser (De la Cruz, 2000):

- Para la jaula y su contrapeso
- Para los baldes o Skips
- Para tuberías de agua, aire, relleno.
- Para cables eléctricos
- Para caminos

2.2.2. Tipos de pique mineros

Piques verticales

Es una labor que tiene una inclinación mayor a 45 °, y que puede usarse para la extracción del personal y mineral. Se puede presentar las siguientes alternativas según la posición del pique respecto a la veta:

a. Pique en el pendiente.

Este tipo de labores tienen las siguientes ventajas y desventajas. Ver Figura 1.

Ventajas.

- Desarrollo ordenado, buenos pilares de protección
- Permite encontrar vetas paralelas

Desventajas.

- Costo excesivo, debido al desarrollo en estéril
- Deslizamiento, al encontrar la veta. Se pierde estabilidad y el control del terreno.
- Se puede llegar a perder el pique.

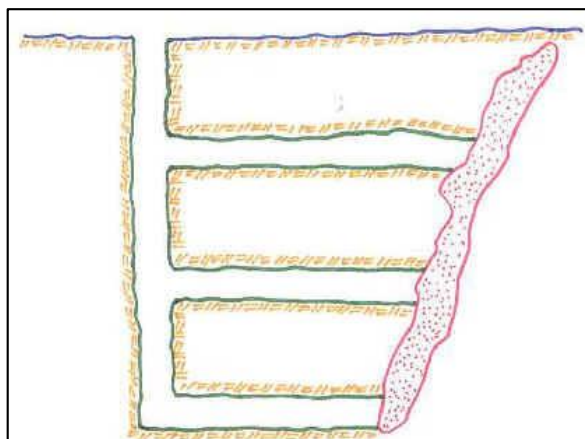


Figura 1: Pique vertical con veta en el pendiente

b. Pique interceptando la veta

Ventajas.

- Fácil acceso al yacimiento. Genera rápido el flujo de caja.
- El costo de desarrollo inicial es menor.
- El desarrollo es más armónico en los niveles

Desventajas.

- Problema de control del terreno
- Pilares de protección en mineral
- Alto costo de mantención.

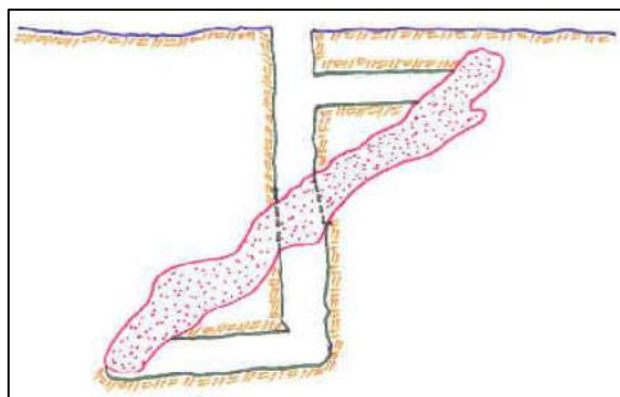


Figura 2: Pique vertical interceptando la veta

c. Pique al yacente

Ventajas

- Tiene mayor preferencia.
- Seguridad y extracción más fácil aprovechando la gravedad.
- Más económico con respecto a los anteriores

Desventajas.

- Problema de control del terreno

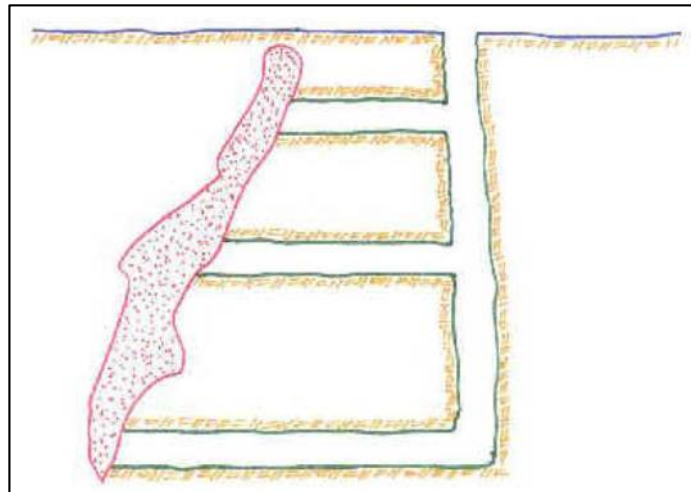


Figura 3: Pique vertical con veta al yacente

Piques inclinados

La ejecución de un pique inclinado como se muestra en la no es tarea fácil, ya que desde el comienzo deben tomarse decisiones tales como: ubicación, costo, método de profundización, detalles respecto a la geología y topografía del terreno, etc. Todo esto hace que el proyecto de construcción de un pique inclinado debe ser bien llevado en la parte de ingeniería. Ver Figura 4.

Pero hay un factor importante en la ejecución de un pique inclinado y es lo relativo a su construcción, establecer un modo de trabajo no es cosa fácil pues para esto deben ser

tomados en cuenta factores tales como: tipo de terreno tal como un terreno con sobre carga seguida de terreno firme (roca), el tiempo de ejecución de este, también considerando las alternativas de trabajo como el caso de terreno dificultoso del tipo aluvial con agua, arena y capas de arcilla blanda



*Figura 4: Pique inclinado en la mina Yauliyacu.
Fuente, mina Yauliyacu.*

Pero hay un factor importante en la ejecución de un pique inclinado y es lo relativo a su construcción, establecer un modo de trabajo no es cosa fácil pues para esto deben ser tomados en cuenta factores tales como: tipo de terreno tal como un terreno con sobre carga seguida de terreno firme (roca), el tiempo de ejecución de este, también considerando las alternativas de trabajo como el caso de terreno dificultoso del tipo aluvial con agua, arena y capas de arcilla blanda.

a. Pique inclinado por la veta

- Es caro en su construcción y poco eficiente.

- Su inclinación puede ser uniforme, lo que nos dice que puede tener una mayor capacidad de extracción.
- Las irregularidades de la veta entorpecen el transporte, cambios bruscos aumentan los costos de extracción y disminuye su capacidad por una velocidad de arrastre menor.
- Requiere dejar pilares de protección para el pique.

b. Pique inclinado por la yacente

- El manto variable hace imposible la inclinación uniforme por el yacimiento y debe ubicarse en el yacente por estéril.
- Carguío directo, poca mantención (poca fortificación), ya que, si es por mineral, en las cajas del mineral hay un mayor peligro de derrumbes.
- Es caro, requiere estocadas estaciones en la roca.
- No entrega informaciones del yacimiento, por correrse en estéril

2.2.3. Estructura del pique inclinado.

La estructura de un pique inclinado, puede ser de madera o de acero. En otros casos, si se contara con un nivel inferior, la construcción del pique se puede realizar de manera convencional o mecanizada, para el cual se perfora primero el hueco piloto y luego del nivel inferior se empieza a rimar (ensanchar) con una broca de mayor diámetro y finalmente se completa a la sección diseñada (Cuadros, 2018).

En todos los casos el terreno debe ser competente y debe ser una zona donde no exista agua de filtración; las dimensiones de la sección de los piques se pueden determinar a partir de la capacidad de la carga y de la profundización de los trabajos de extracción

también es factor importante la Productividad de la mina

2.2.4. Factores de diseño de un pique inclinado.

Para evitar riesgos es que se toman en consideración estos factores, también imprevistos y así poder controlar la mayor cantidad posible de variables involucrados en la construcción del pique inclinado (Chávez, 2011), los factores más importantes para el diseño de un pique inclinado son los económicos, operacionales y geológicos, el conjunto y cada uno por si solo inciden en forma importante en el diseño del pique inclinado y están relacionados entre sí de una forma u otra, los factores que hay que considerar se establecen por:

a. Factores Económicos.

Uno de los principales es el factor económico y su incidencia se aprecia en los costos que tenga el desarrollo del pique, determinando además la variante de diseño a aplicar. Los costos están influidos por la sección del pique inclinado y el tipo del terreno donde se profundizará (Chávez, 2011).

Los costos que se deben tener en cuenta en la comparación según las diferentes variaciones que se pueden estudiar son:

- Costo de materiales: explosivos y accesorios de voladura
- Costo de mano de obra: por perforación, carguío, transporte y supervisión.
- Costo de maquinaria: amortización, valor residual, costo de adquisición y costo de mantenimiento.
- Costo de energía: depende del tipo de energía más económica y disponible
- Costo por flujo de ventilación.

- Costo de materiales accesorios de perforación: afilado de brocas y costo por longitud perforada.
- Costo por traslado de personal.
- Costo por transporte de mineral y/o estéril.
- Costo de conservación de las labores principales

b. Factores Operacionales.

Las variables que deben considerarse en el diseño y ejecución de un pique inclinado deben ser:

- Método de profundización: de acuerdo al terreno a atravesar, existencia de agua, medios económicos disponibles y tiempo de plazo para terminar de profundizar el pique inclinado.
- Elección de equipos y materiales: en función del método aplicado en la profundización, tipo de terreno a atravesar, plazo para profundizar el pique inclinado, medios económicos disponibles, avances tecnológicos etc.
- Elección del personal: de acuerdo a la naturaleza y tipo de trabajo a realizar.
- Abastecimiento: depende el lugar de ubicación, maquinaria empleada, materiales, etc.
- Mantenimiento: depende del personal a emplear, maquinaria a utilizar, abastecimiento, etc.
- Otros: factores operacionales condicionantes en el diseño y ejecución de un pique son:

1. Profundidad
2. Diámetro del pique
3. Presión hidrostática de las paredes

4. Características geológicas de la zona perforada
5. Características de la maquinaria utilizada
6. Pericia y experiencia de los trabajadores
7. Imprevistos propios de la faena

c. Factores Geológicos.

Para construir un pique inclinado es necesario primero tener un marco general y completo de la geología del sector a profundizar, para ello es necesario conocer los accidentes geológicos y esto requiere hacer uso de prospecciones por medio de sondajes, perfiles sísmicos, observaciones geológicas de superficie, perfiles geomecánico, etc.(Guerrero, 2012).

También la litología de las rocas circundantes, su fracturamiento, nivel de diaclasas presentes, tanto en rumbo como en buzamiento que podrían modificar las condiciones del pique inclinado

d. Estabilidad del Pique Inclinado.

Está en función del método de profundización, dimensión del pique inclinado, forma y características geomecánicas del terreno.

Inicialmente el terreno experimenta un equilibrio de presiones, el cual es alterado cuando se ejecuta una excavación lo que llevaría a una serie de sucesos en el interior del macizo rocoso, así como deformaciones, desplazamientos y dependiendo del tipo de macizo rocoso u origen de este, debido a las deformaciones producidas, después de transcurrido cierto tiempo se pueden presentar diferentes casos (Guerrero, 2012).

Rocas que requieren fortificación por tener un comportamiento inestable, como rocas intensamente fracturadas, rocas alteradas con compartimiento plástico-viscoso o compartimiento rígido.

Roca que prácticamente no requieren fortificación por tener compartimiento elástico, como roca maciza con solo microfisuras, más o menos isotrópicas y homogéneas, rocas separadas en bloques con al menos tres juegos de diaclasas, sin relleno ni dirección preferencial y rocas estratificadas o con juegos persistentes de diaclasas, contactos sin relleno y mínima fracturación secundaria.

e. Ubicación del Pique Inclinado.

Su ubicación tiene que ser de acuerdo a las condiciones que presenten las características geológicas del terreno y del método de explotación del yacimiento que se aplicara, pero lo más importante es el costo del pique y sus instalaciones sea lo mínimo posible. Las dimensiones de explotación del pique se determinan de acuerdo a sus costos, tiempo de recorridos de personal, materiales y gastos de ventilación (Guerrero, 2012).

Para poder tener accesibilidad a un grupo de vetas, debe realizarse un estudio que este en función de los costos y condiciones que presente el yacimiento, tales como:

- Angulo promedio de las vetas.
- Largo dela veta.
- Profundidad explotada del yacimiento.
- Distancia entre niveles.
- Profundidad proyectada de la explotación.
- Capacidad de extracción.
- Producción anual de la mina.

f. Profundización de los Piques Inclinados.

Antes de toda operación subterránea se hace un levantamiento topográfico de superficie, relacionándolo con uno interior por medio de una labor, en este caso nuestro pique inclinado. En la construcción del pique inclinado, se debe controlar el descenso con regularidad y rectificando siempre su diagonalidad, dimensiones y profundidad (Guerrero, 2012).

En denuncios de cierto número de hectáreas, es necesario efectuar una triangulación, completando esta con otra tipa poligonal y así de este modo encerrar todos los detalles de importancia en la superficie y si la zona es más pequeña que la zona exigida por una triangulación, entonces solo bastara con un levantamiento poligonal.

Se puede determinar la profundidad del pique inclinado midiendo la longitud del cable de extracción, se sube y se mide, se debe considerar también en este caso el alargamiento del cable por la acción de los carros mineros

2.2.5. Sistemas de Extracción del Pique Inclinado.

a. Extracción por un Pique en Mina.

En un yacimiento minero donde el acceso a la mina no es posible por socavones de cortada o túneles; cuando se quiere profundizar una mina en plena operación o se quiere extraer mineral o desmonte; cuando se quiere introducir materiales, maquinarias y el mismo personal; y no se tiene socavones principales, se recurre a la utilización de infraestructura y maquinaria de izaje (Compumet, 2006).

La máquina de extracción es equipada con un indicador de profundidad que señala al maquinista la posición de las vasijas de extracción en el pozo; con un tacógrafo, es decir, un indicador autoregistrador de la velocidad de movimiento de aquella y con otros dispositivos que garantice la seguridad de la extracción. Los tambores de las máquinas de

extracción suelen ser cilindros o cónicos. El diámetro del tambor debe ser, cuanto menos, 80 veces mayor que el de cable enrollado.

Es un método de extracción que iza el mineral a través de un pique, la carga se deposita en los skips y este es izado por medio de un winche eléctrico. En la parte superior, tiene un sistema de descarga hacia una tolva de almacenamiento de mineral.

b. Componentes de un Sistema de Izaje.

Dependiendo de las dimensiones y necesidades, un winche de izaje tiene los componentes (Llanque, 2008).

- Tambora (una o dos).
- Motor.
- Sistema de seguridad: Lilly control, frenos, etc.
- Palancas de control.
- Cable.
- Jaula, balde o skips.
- Poleas.

Estructura de desplazamiento o castillo

c. Parámetros Considerados para el Diseño del Izaje.

La información necesaria para diseñar el sistema de izaje en una operación se puede resumir como:

- Plano preliminar de izaje.
- Inclinación del pique o inclinado.
- Peso neto de la carga.
- Peso del skip, jaulas y carros.

- Peso y tamaño del cable.
- Distancia de izaje.
- Dimensiones del tambor.
- Peso efectivo del tambor, engranaje
- Velocidad de izaje.
- Producción requerida.
- Tiempo de carga y descarga, y
- Periodo de aceleración y desaceleración.

Aunque muchos de estos parámetros son obvios, el ingeniero deberá determinar, si empleara un sistema de izaje con winche de tambora (Llanque, 2008).

d. Sistemas de Izaje.

El izaje minero consiste en el transporte de mineral, relleno, materiales, maquinarias personales, etc. Por una chimenea, inclinado, pique o pozo; para lo cual es necesario usar recipientes, estructuras, instalaciones maquinarias energía, cable, personal normas de seguridad. La extracción de material, sea desmonte o mineral se realiza con skips de carga y descarga automático de tiempo.

- Profundidad del pique o inclinado.
- Número de niveles de producción.

e. Tipos de Izaje.

Hoy en día hay dos tipos básicos de izaje disponibles en cualquier parte del mundo; el izaje con winche de tambora, el cual enrolla el cable a la tambora, y el sistema koepe o de fricción en donde simplemente el cable pasa sobre la rueda durante el proceso de izaje. El izaje por tambor y fricción son dos términos genéricos que describen las dos

categorías básicas, pudiendo haber variaciones dentro de cada categoría. Las aplicaciones en sistema de izaje con winche de tambora, fricción o koepe se resumen en las partes principales del sistema de izaje. En las cuales son: winche, cable de izaje, polea, tornapunta, castillo de izaje, skip o jaula, pique, tolva de carga de material (Hartman & Britton, 1992).

f. Winche

Son cilindros metálicos donde se enrolla el cable. Podríamos hablar del enrollado activo que es el cable que verdaderamente trabaja y el enrollado de reserva para los cortes reglamentarios que dispone la ley de seguridad y para reducir el esfuerzo ejercido por el cable, a la unión con el tambor (De la Cruz, 2000).

Winche de tambor cilíndrico simple. Se escogió cilíndrico, ya que este tipo de tambor es el más óptimo para izajes para un solo nivel (no tienen niveles intermedios). Asimismo, es simple debido a que cuenta con un solo tambor (Calla, 2013).

Dispositivo mecánico, impulsado manualmente o por un motor, destinado a levantar y desplazar grandes cargas. Consiste en un cilindro o tambor giratorio, alrededor del cual se enrolla un cable o cadena, provocando el movimiento en la carga que está sujeta al otro extremo del mismo (Guerrero, 2012).

- Winche de Izaje.

El Winche de izaje, es una maquinaria utilizada para levantar, bajar, empujar o tirar la carga; el Winche de izaje, es utilizado también para bajar e izar personal del interior de la mina; siempre que cumpla con exigencias mínimas de seguridad (Compumet, 2006). Ver Figura 5.



*Figura 5: Winche de Izaje con una sola tambora,
Fuente Compumet E.I.R.L 2006*

Cable de Izaje.

Dependiendo del tipo de izaje en los winches; ya sea por fricción o enrollamiento; los cables de izaje pueden ser fabricados de aluminio o de alambre de acero; los mismos que, son colocados ordenadamente para desempeñar el trabajo de izar los carros mineros, skip o las jaulas. Para formar cables, se arrolla un gran número de hilos de aluminio o acero de alta resistencia (entre 130 y 180 kg/mm²). Estos hilos se disponen en cordones y torones, según sea el caso. Ver figura 6.



*Figura 6: Cable de Izaje
Fuente Compumet EIRL 2006*

Para formar cables, se arrolla un gran número de hilos de aluminio o acero de alta resistencia (entre 130 y 180 kg/mm²). Estos hilos se disponen en cordones y torones, según sea el caso.

- **Tipos de cables de Izaje.**

Regular: Los alambres del torón, están torcidos en dirección opuesta a la dirección de los torones del cable.

Tipo Lang: Los torones en un cable tipo Lang, están torcidos en la misma dirección (lang derecho o lang izquierdo).

Los cables con torcido lang son ligeramente más flexibles y muy resistentes a la abrasión y fatiga, pero tiene el inconveniente de tener tendencia a destorcerse por lo que únicamente deberán utilizarse en aquellas aplicaciones en que ambos extremos del cable están fijos y no le permitan girar sobre si mismo

- **Estructura de los Cables de Izaje**

- **a. Núcleo o Alma**

El alma del cable sirve como soporte a los torones que están enrollados a su alrededor.

El alma se fabrica de diversos materiales, dependiendo del trabajo al cual se va a destinar el cable, siendo lo más usual el de alambre de acero o el alma de torón que está formado, como su nombre lo indica, por un torón igual a los demás que componen el cable; hay alma de fibra que puede ser de fibras vegetales o fibras sintéticas (Compumet, 2006).

El alma de acero se utiliza para zonas donde el cable este sujeto a severos aplastamientos o cuando el cable trabaja en lugares donde existen temperaturas muy

elevadas que ocasionen que el alma de fibra se dañe con el calor. También este tipo de alma proporciona una resistencia adicional a la ruptura, de aproximadamente un 10%, dependiendo de la construcción del cable

- **b. Torones o Cordones.**

Un cable está formado por un conjunto de torones o enrollados.

Cada torón, está formado por un conjunto de hilos.

La mayoría de hilos utilizados en la construcción de cables son redondos y de diámetros comprendidos corrientemente entre 2 y 3 mm.

El alma de acero se utiliza para zonas donde el cable está sujeto a severos aplastamientos o cuando el cable trabaja en lugares donde existen temperaturas muy elevadas que ocasionen que el alma de fibra se dañe con el calor. También este tipo de alma proporciona una resistencia adicional a la ruptura, de aproximadamente un 10%, dependiendo de la construcción del cable.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología de investigación utilizada en el presente trabajo de investigación es de tipo descriptivo, cuyo objetivo es determinar las características y fenómenos sometidos a un proceso de análisis, recogiendo información de manera independiente sobre las variables de estudio (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014), basado en el Diseño del Pique Inclinado y Planeamiento del Sistema de Extracción en la Unidad Minera Cuatro Horas - MACDESA S.A, donde se detalla el diseño del sistema de izaje, el planeamiento para el proceso de extracción de esta manera incrementar la producción diaria en la mina MACDESA.

La investigación Descriptiva, comprende un análisis e interpretación de la naturaleza actual de los datos, información que se somete a un proceso de análisis, se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación correcta, señalar sus características y propiedades. Combinada con ciertos criterios de clasificación sirve para ordenar, agrupar o sistematizar los objetivos involucrados en el trabajo a investigar (Hernández et al., 2014).

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

a) Población

Para el estudio de investigación se ha tomado como referencia la Minera Aurifera Cuatro de Enero S.A. debido a que en esta unidad minera se trabaja con equipos de extracción de mineral en el cual el winche de izaje es uno de los equipos importantes de extracción de mineral.

b) Muestra

Como muestra representativa se ha considerado el pique 525 que se representa a la población en sí misma, actualmente este pique se encuentra en operación y el sistema de izaje es por medio de un balde skip de capacidad de 0.7 TM

3.3. VARIABLES

De acuerdo a los objetivos de la investigación se ha considerado las siguientes variables de estudio:

Diseño del pique inclinado en la Unidad Minera Cuatro Horas MACDESA S.A.

Planeamiento del sistema de extracción a través del pique inclinado en la Unidad Minera Cuatro Horas MACDESA S.A.

3.4. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

La información que se recopiló tiene que ver con datos del área de geología y definir el sistema de extracción en la Unidad Minera Cuatro Horas MACDESA S.A., que considera los siguientes aspectos:

3.4.1. Información geológica.

La información geológica permite conocer el tipo de yacimiento que se encuentra. En base a ello se desarrolla el sistema de explotación y para el presente trabajo de

investigación esta información es importante para el diseño de nuestro pique inclinado a continuación se detalla la descripción de los bloques y leyes, proporcionado por el área de Geología.

a. Geología del yacimiento

La mineralización está relacionada a las estructuras del fallamiento y fracturamiento, actividad ocurrida antes y después de la mineralización provocando en las vetas variaciones en su potencia y en el contenido de minerales de mena y ganga.

Este yacimiento es del tipo filoneano, emplazado en el Batolito de la costa, en la zona de estudio afloran vetas paralelas entre sí, las estructuras mineralizadas tienen rumbos E – W y N 60 W con buzamientos de 30°, 45° al NE y con una potencia de 0,10 m a 2,0 m. siendo la veta Cuatro Horas y Nancy, las de gran importancia por su volumen y leyes de oro.

Las estructuras tectónicas están ligadas a la mineralización con variaciones de potencia de la veta y el contenido de los minerales de mena y ganga mostrando claramente un zonamiento vertical definido.

b. Estructuras mineralizadas principales

Sistema de vetas Cuatro Horas y Nancy

Veta Cuatro Horas

Aflora aproximadamente 650 m con rumbo N 65° W, y con Buzamientos promedios de 33° a 45° al NE, con un ancho promedio de 0,55 m con ensanches locales de 1 metro, a lo largo de su afloramiento, esta veta presenta valores moderados de Au (0,50 Oz/TM) sin embargo en algunos tramos esta se encontró con leyes bastante altas

llegando a 40 Oz/TM, la ley promedio de la veta esta en 0,40 Oz/TM, ésta se ve afectada conforme profundiza, es decir a medida que se profundiza la veta muestra un claro zonamiento vertical de minerales de mena y de ganga, encontrándose valores regulares en la zona intermedia y un decaimiento gradual hacia niveles inferiores

El área donde se emplaza la veta, la roca encajonante está constituida por granodiorita de la súper unidad Tiabaya, la cual ha sido intruida por numerosos diques hipabisalesandesíticos, la alteración en el contacto con la roca encajonante y la estructura mineralizada es débil, pero se diferencia sericitización, silicificación, cloritización, calcita, y gran cantidad de óxidos de fierro.

Las fracturas pre-existentes están rellenas de cuarzo lechoso, hematita, limonita, calcita, yeso en bajo porcentaje, presentando una estructura tipo boxwork o cavernoso.

En su mineralogía la veta está constituida esencialmente por cuarzo del cual distinguimos tres variedades:

- Cuarzo masivo lechoso.
- Cuarzo masivo hialino
- Cuarzo cristalino hialino

La pirita es otro de los minerales presentes en la veta, se encuentra englobado dentro de las tres variedades de cuarzo. El oro se halla en estado libre en venillas finas atravesando a los óxidos de fierro (limonita, hematita), además se le encuentra en estado libre formando pequeñas “charpas” de oro nativo.

c. Veta Nancy

La veta Nancy es de hecho la veta más importante dentro del yacimiento, por varias razones, entre la cuales se distingue una zona de enriquecimiento de altas leyes en tramos largos, además las potencias de las vetas son mayores que de la veta Cuatro Horas, y su zonamiento vertical es más amplio, siendo la longitud (700 m aprox.), otra característica a resaltar.

La geología superficial de la veta Nancy de la cual se basa el presente trabajo, se realizó el reconocimiento superficial de la veta sobre su afloramiento y zonas adyacentes, determinando un rumbo de NW-SE, potencia promedio de 0,55 m. y una longitud de afloramiento de aproximadamente 700 m. Superficialmente la estructura se encuentra pobremente mineralizada rellena principalmente por calcita y cuarzo; mostrando diferentes niveles de erosión con una caolinitización intensa de gran magnitud que abarca una parte importante de su afloramiento, además presenta una zona de oxidación que es muy importante en profundidad

d. Geología subterránea de la Veta Nancy

Esta veta se empezó a trabajar a partir del ramal principal NV 1925 hacia el NW presentándose un clavo mineralizado a la altura de la chimenea 01 con las siguientes dimensiones:

- Longitud horizontal 445 m.
- Longitud vertical 80 m.

Realizándose para su exploración 04 subniveles, en donde se presenta mineralización económica; después de un recorrido de casi 100 m. en el mismo nivel

(1925) la mineralización comenzó a incrementarse gradualmente, se determina el clavo mineralizado con 02 chimeneas de exploración (Ch 03 y Ch 10) y posteriormente el desarrollo de los niveles inferiores hacia el NW. Actualmente se sigue explorando hacia el NW sobre una estructura definida con una potencia de 0,40 m y valores bajos (0,05 Oz/TM) de Au, la estructura es principalmente Ox de Fe, pero leve, se encuentra cuarzo un tanto esporádico y mayormente calcita, la roca encajonante es mayormente volcánico.

3.4.2. Mineralogía.

Los minerales que se describen se encuentran presentes en la veta Nancy y se pueden clasificar en dos grupos de acuerdo a su importancia económica.

a. Minerales de mena

- El oro principalmente, que se presenta en forma macroscópica (oro nativo), también el oro microscópico o fino se manifiesta mayormente en la limonita.
- El cuarzo está netamente asociado al Au porque la pirita por acción meteórica del agua origina cavidades en forma de Boxwork, donde el oro se deposita, es aquí donde se ha encontrado mayores leyes en oro.
- Pirita, se da en los diferentes niveles, pero su presencia es regular presentándose diseminada en los niveles más bajos.
- Calcopirita, su presencia es restringida y prácticamente se encuentra en la zona mixta de óxido-sulfuro
- Especularita, presencia esporádica y no se le considera guía de mineralización por estar en zonas de pobre mineralización.
-

b. Minerales de ganga

Se distinguen minerales característicos de la zona de óxidos.

Zona de óxido - principalmente:

- Cuarzo lechoso y blanco (SiO_2).
- Hematita (Fe_2O_3).
- Limonita ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).
- Calcita gris oscura (CaCO_3).
- Pirita (SiO_2).

c. Paragénesis

Surge teniendo en cuenta a las soluciones mineralizantes durante su recorrido a través de las fracturas pre-existentes, cambian de componentes gradualmente buscando las características físico – químicas favorables y poder depositarse, formando gradualmente una secuencia de deposición de minerales con el tiempo. De acuerdo a la estructura de la veta Nancy se ha llegado a la conclusión de que posiblemente existen 2 períodos de deposición y se las denominó Fase Inicial y Fase Tardía.

- En una primera etapa se depositó gran cantidad de cuarzo y pirita aurífera.
- Segunda etapa, otro evento de cuarzo, calcopirita con Oro grueso y fino.

d. Zonamiento

Se describe como la distribución de minerales o elementos en el espacio, ocurriendo en forma vertical y horizontal, en función de parámetros genéticos en especial de la temperatura, tomando como posibles criterios para el zonado:

- Aparición o ausencia de determinados minerales: Depende de la temperatura.
- Aparición o ausencia de determinadas propiedades: Por variaciones físico químicas durante la formación de los minerales

e. Zonamiento vertical

En la veta Nancy de acuerdo a un análisis general se tiene que las leyes de oro en el nivel 1 976 son elevados, fluctúan entre 1 a 3 Oz/TM, pero la potencia de la estructura mineralizada está en el orden de 0,10 m a 0,20 m; Pero conforme se va profundizando las leyes de oro disminuyen, en contraposición de la potencia de las estructuras, que llega a alcanzar de 1 a 3 metros de potencia en forma de bolsonadas

f. Zonamiento horizontal

En forma horizontal se observa el emplazamiento de veta en forma de rosario con bolsonadas que van desde 0,50 mts y 10 mts de longitud, estas bolsonadas tienen una separación de 01 m. a varios metros llegando hasta 25 metros de separación, en cuanto a las leyes son bastantes variables puestos que varía de 0,20 Onz/TM hasta 2 Onz/TM en la misma continuidad de veta. Producto de la acción de las aguas meteóricas es que se origina el proceso de lixiviación oxidando a la pirita, para formar la Hematita y Limonita, y a la vez crear cavidades donde el oro se depositará esta estructura es conocida como criadero.

3.4.3. Información geomecánica.

El diseño del pique inclinado se realiza de acuerdo a un estudio geomecánico donde el tipo de roca sea competente.

Para la clasificación de la masa rocosa se usó la tabla GSI según el tipo de roca donde se relaciona cada parámetro a sus equivalencias que brinda información del tipo de sostenimiento a instalar, siendo su uso muy sencillo y de fácil aplicación, ya que solo se necesita de un pico de geólogo y un flexómetro.

Consiste en determinar la resistencia con una picota y el número de fracturas por metro lineal de una determinada roca. Se deben de realizar varios exámenes para definir bien las condiciones del macizo rocoso.

Metodología del mapeo geomecánico

El objetivo es estandarizar el procedimiento a seguir para realizar el mapeo geomecánico más óptimo, los pasos son:

El trabajador debe ingresar a la mina con su equipo de protección personal reglamentario (casco, anteojos, tapón de oídos, respirador, guantes, botas con punta de acero, overol con cintas reflectadas, barbiquejo, correa y lámpara).

Todo lugar de trabajo en interior mina es inspeccionado antes de iniciar las actividades por los propios trabajadores y/o por el supervisor, aplicando el “ABC DEL MINERO”.

El mapeo geomecánico estará a cargo del supervisor de la empresa especializada, siendo asistido por un ingeniero geomecánico o por el encargado de la labor. Siempre debe de haber dos personas realizando este trabajo

El mapeo geomecánico se debe de realizar turno a turno y al inicio de cada guardia.

Verificar que las paredes y techo de la labor se encuentren bien regadas, de no ser así se debe proceder a regarlas con el fin de poder diferenciar bien las fracturas o discontinuidades existentes en el macizo.

El encargado de realizar el mapeo debe tener conocimientos de los sistemas de clasificación geomecánica, además de estar capacitado para realizar el mapeo. El mapeo geo mecánico se realizará teniendo como base el G. S. I. (Geological Strength Index)

Se deberá contar con plano topográfico de la zona a mapear. Este plano debe quedarse en el panel de control, ya que la siguiente guardia continuará con el mismo trabajo, protector y lápiz. picota de geólogo y brújula flexómetro o wincha.

El mapeo geomecánico realizado en cualquier labor (explotación, exploración, desarrollo) dará como resultado un plano geo mecánico en el cual se indicará las recomendaciones del tipo de sostenimiento, aberturas y tipo de autosoporte en dicha labor.

Se inicia el mapeo definiendo áreas de características geo mecánica más o menos uniformes, es decir con un grado de fractura miento y resistencia algo homogéneos.

El primer parámetro a definir, según el G. S. I. es la estructura o el grado de fracturamiento del área tratada. Para esto, en un metro lineal, se debe de contar las discontinuidades que crucen una línea horizontal. Por ejemplo, si contamos 10 fracturas estaremos frente a una roca “moderadamente fracturada”

El otro parámetro que se definirá es la resistencia, la cual se obtendrá golpeando la roca con una picota, así si rompemos una roca después de haberle dado 3 golpes de picota, Tendremos una roca “buena” (B).

La clasificación final correspondiente al área medida sería la unión de las caracterizaciones hechas anteriormente. Para el caso del ejemplo: “Moderadamente Fracturada – Buena” (F/B).

Del paso anterior se determina que el sostenimiento es del tipo “B”, debiendo medir la abertura de la labor, con la finalidad de determinar el sostenimiento exacto. Para el ejemplo, si la abertura está entre 5 a 8 m. se debe de instalar perno sistemático a 2 m.

Así mismo en el mapeo se debe de tomar en cuenta la presencia de fallas, ejes de plegamientos y otros aspectos de importancia que nos den una idea aproximada del comportamiento estructural de la zona mapeada.

Antes, durante y después del mapeo, el encargado de realizarlo, debe verificar la existencia de rocas sueltas para eliminarlas.

También se hace una clasificación geomecánica RMR “Rock Mass Rating”, que da una estimación de la calidad del macizo rocoso, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- a) Resistencia Compresiva de la roca.
- b) Índice de la Calidad de la Roca - RQD.
- c) Espaciamiento de Juntas.
- d) Condición de Juntas.

MINA ATACOCHA
Área de Geomecánica

SOSTENIMIENTO DE TAJEOS SEGUN INDICE GSI MODIFICADO.

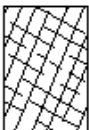

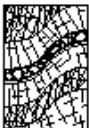
ZONA DE TAJEOS		CONDICION SUPER. DE FRAC			
<p>ABERTURAS DE MAS DE 12 MT.</p> <p>A PERNO SISTEMATICO (2.0x2.0 m) B PERNO SISTEMATICO. (1.5 x 1.5 m.)</p> <p>ABERTURAS DE 8 A 12 MT.</p> <p>A PERNO SISTEMATICO (2.5x2.5 m) B PERNO SISTEMATICO. (2.0 x 2.0 m.)</p> <p>C PERNO SISTEMATICO (1.2 x 1.2 m.) MALLA OCASIONAL</p> <p>ABERTURAS DE 5 A 8 MT.</p> <p>A SIN SOPORTE O PERNO OCASIONAL B PERNO SISTEMATICO (2.0 x 2.0 m.)</p> <p>C PERNO SISTEMATICO (1.5 x 1.5 m.) MALLA OCASIONAL D SHOT. 2" C/FIBRA+PERNO SIST(1.75x1.75) O PERNO SIST. 1.2x1.2 m. + MALLA</p> <p>ABERTURAS DE 3 A 5 MT.</p> <p>A SIN SOPORTE O PERNO OCASIONAL B SIN SOPORTE O PERNO OCASIONAL</p> <p>C PERNO OCASIONAL MALLA OCASIONAL D SHOT. 2" C/FIBRA+PERNO SIST(2.0x2.0) O PERNO SIST. 1.5x1.5 m. + MALLA</p> <p>E SHOT. 3" C/FIBRA+PERNO SIST(1.6x1.6) O PERNO SIST. 0.8x0.8 m. + MALLA F CUADROS DE MADERA O ABANDONO</p> <p>ABERTURAS MENORES DE 3 MT.</p> <p>A SIN SOPORTE O PERNO OCASIONAL B SIN SOPORTE O PERNO OCASIONAL</p> <p>C PERNO OCASIONAL MALLA OCASIONAL D SHOT. 2" C/FIBRA + PERNO SIST(2.5x2.5) O PERNO SIST. 1.75x1.75 m. + MALLA</p> <p>E SHOT. 3" C/FIBRA+PERNO SIST(1.6x1.6) O PERNO SIST. 1.0x1.0 m. + MALLA F CUADROS DE MADERA O ABANDONO</p>		<p>BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS, LIGERAS MANCHAS DE OXIDACION, MUY CERRADAS. (Rc 100 A 210 MPa) (SE ROMPE CON TRES O MAS GOLPES DE PICOTA)</p> <p>REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEVEMENTE ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LIGERAMENTE ABIERTA. (Rc 50 A 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)</p> <p>POBRE (MODERADAMENTE RESISTENTE, LEVE A MODERADAMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, ABIERTAS. (Rc 25 A 50 MPa) (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE CON GOLPE DE PICOTA)</p> <p>MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRACIONES, MUY ALTERADA, RELLENO ARCILLOSO O CON FRAGMENTOS DE ROCA. (Rc 5 A 25 MPa) (SE DISGREGA EN FRAGMENTOS CON GOLPE DE PICOTA)</p>			
ESTRUCTURA					
<p>MODERADAMENTE FRACTURADA.</p>  <p>MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES. (RQD 50 - 75) (6 A 12 FRACTURAS POR METRO)</p>		A/B	A/R	B/P	
<p>MUY FRACTURADA.</p>  <p>MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. (RQD 25 - 50) SIN SOPORTE O PERNO OCASIONAL (12 A 20 FRACTURAS POR METRO)</p>		B/MF/B	C/MF/R	D/MF/F	E/MF/MP
<p>INTENSAMENTE FRACTURADA.</p>  <p>PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (RQD 0 - 25) (MAS DE 20 FRACTURAS POR METRO)</p>			D/IF/R	E/IF/P	F/IF/MP

Figura 7: Tabla para definir el tipo de sostenimiento.
Fuente Mina Atacocha

- e) Presencia de Agua.
- f) Corrección por orientación.

Estos factores se cuantifican mediante una serie de parámetros definiéndose unos valores para dichos parámetros, cuya suma, en cada caso nos da el índice de Calidad del RMR que varía entre 0 – 100. Ver Tabla 1.

Tabla 1: *Valoración total del RMR*

Valor total del RMR	81-100	61-80	41-60	21-40	<20
Clase Número	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy Bueno	Bueno	Medio	Malo	Muy Malo

Fuente :Bieniawski, 1976

Características geomecánicas CX 1760

- Macizo rocoso resistente, moderadamente fracturado, no intemperizado, presencia de fracturamiento subparalelos y tensionales, de buzamiento moderado a alto, sin presencia de agua subterránea. Ver Tabla 2.

- Roca con características siguientes $GSI = F/ R - B$ RMR = 82 roca muy buena

Observaciones:

- Para dar estabilidad definida en esta labor se recomienda colocar Split set con plantilla

Parámetros		ESCALA DE VALORES						
Resistencia de roca Intacta	Carga Puntual	80 kg/cm ²	40-80 kg/cm ²	20-40 kg/cm ²	10-20 kg/cm ²	10 kg/cm ²		
	A Compresión	2000	1000 – 2000	500 - 1000	250 - 500	100-250	30-100	
	Simple	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	
VALOR		15	12	7	4	2	1	0
R. Q.D.		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	25%		
VALOR		20	17	13	8	3		
Espaciado de Juntas		3 m	1 - 3 m	0.3 - 1 m	50-300 mm	50 mm		
VALOR		30	25	20	10	5		
Condición de Juntas		Muy rugosas sin continuidad cerradas,	Ligeramente rugosa < 1 mm. de separación	Ligeramente rugosa < 1 mm. de separación	Espejo de falla o relleno de espesor < 5mm	relleno blando de espesor <5 mm. ó abiertas <5 mm.		
		Paredes de roca dura	Paredes de roca dura	Paredes de roca suave	ó abiertos 1-5mm	fisuras continuas		
					Fisuras Continuas			
VALOR		25	20	12	6	0		
Cant. Infiltración 10 m. de túnel		Ninguna		25 litros/min	25-125 litros/min	>125 litros/min.		
Aguas Subterráneas	Presión de agua			0.0-0.2	0.2-0.5	0.5		
	Esfuer. principal Situación	Cero		Solo húmedo	Ligera presión			
	General	Totalmente Seco		agua insterst. de agua		Serios problemas de agua		
VALOR		10		7	4	0		

Tabla 2: Valoración geomecánica RMR CX 1760

Características geomecánicas GAL 520

- Macizo rocoso levemente resistente, fracturado, no intemperizado, presencia de fracturamiento subparalelos y tensionales, de buzamiento moderado a alto, sin presencia de agua subterránea. Ver Tabla 3.

- Roca con características siguientes GSI = MF / R – B RMR = 67 Roca Buena

Parámetros		ESCALA DE VALORES						
Resistencia de la roca	Carga Puntual	80 kg/cm ²	40-80 kg/cm ²	20-40 kg/cm ²	10-20 kg/cm ²	10 kg/cm ²	10-30 kg/cm ²	10-30 kg/cm ²
Intacta	A Compresión Simple	2000 Kg/cm ²	1000 - 2000 Kg/cm ²	500 - 1000 Kg/cm ²	250 - 500 kg/cm ²	100-250 kg/cm ²	30-100 kg/cm ²	10-30 Kg/cm ²
VALOR		15	12	7	4	2	1	0
R. Q.D.		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%		25%	
VALOR		20	17	13	8		3	
Espaciado de Juntas		3 m	1 - 3 m	0.3 - 1 m	50-300 mm		50 mm	
VALOR		30	25	20	10		5	
Condición de Juntas		Muy rugosas sin continuidad cerradas, Paredes de roca dura	Ligeramente rugosa < 1 mm. de separación Paredes de roca dura	Ligeramente rugosa < 1 mm. de separación Paredes de roca suave	Espejo de falla o relleno de espesor < 5mm ó abiertos 1-5mm FisurasContinuas		relleno blando de espesor < 5mm. ó abiertas <5 mm. fisuras continuas	
VALOR		25	20	12	6		0	
Aguas Subterráneas	Cant. Infiltración 10 m. de túnel		Ninguna	25 litros/min	25-125 litros/min		>125 litros/min.	
	Presión de agua							
	Esfuer. principal Situación		Cero	0.0-0.2	0.2-0.5		0.5	
	General		Totalmente Seco	Solo húmedo agua insterst.	Ligera presión de agua		Serios problemas de agua	
VALOR			10	7	4		0	

Tabla 3: Valoración geomecánica GAL 520

Observaciones:

Para dar estabilidad definida en esta labor se recomienda colocar sostenimiento con cuadros de madera

3.4.4. Información Topográfica.

Con el levantamiento topográfico podemos realizar la ubicación del pique inclinado, a continuación, mostramos el plano del proyecto; primeramente, se desarrollará un acceso

desde la Gal 520 hacia la cámara Winche de donde se empezará la construcción del pique inclinado. Ver Figura 8.

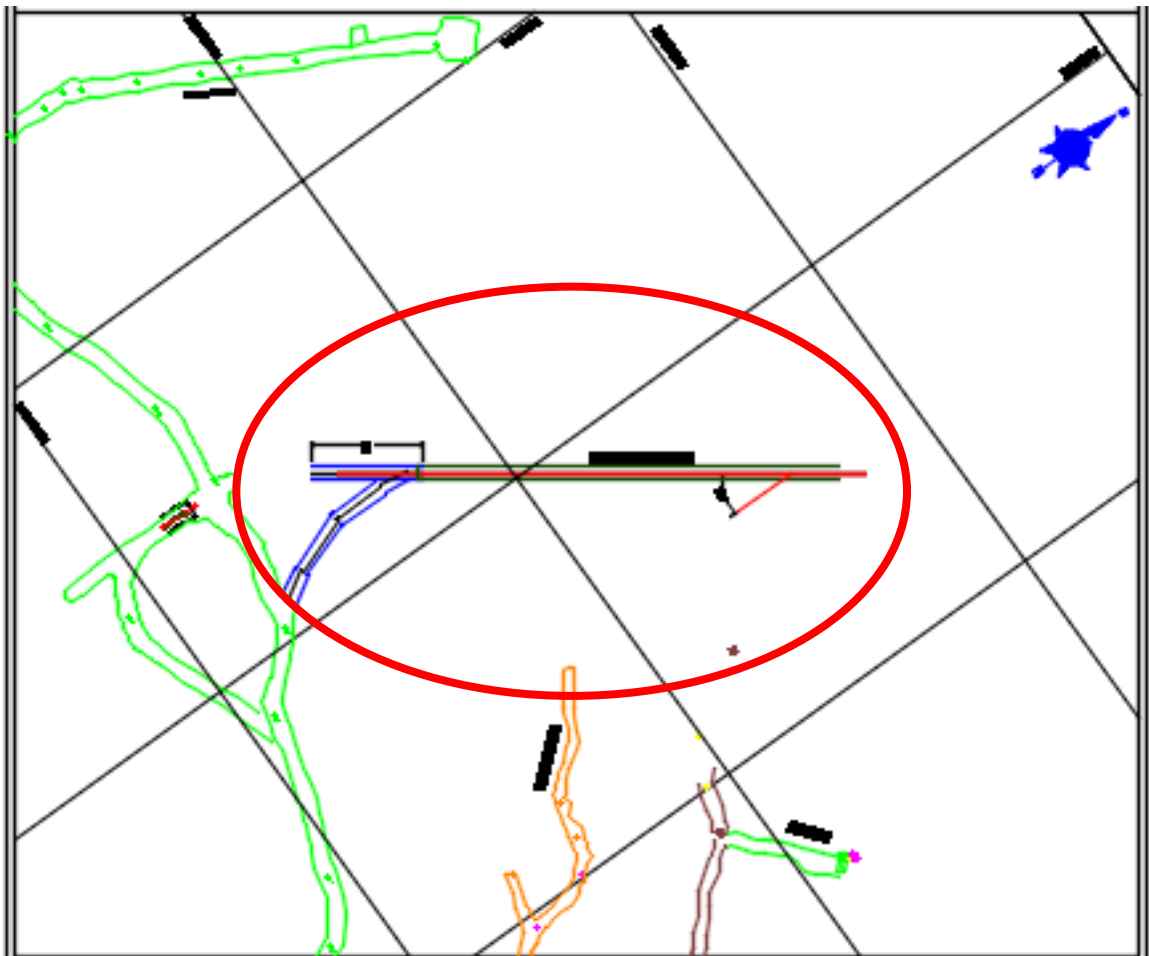


Figura 8 : Plano topográfico donde se plantea realizar el pique inclinado

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE IZAJE

4.1.1. Diseño del pique inclinado.

Para la construcción; el pique inclinado se considerará los parámetros que tendrá las siguientes características.

Tabla 4: *Parámetros para el diseño de un pique inclinado*

Parámetro	Cantidad	Unidad
Angulo de inclinación	40	Grados sexagesimales
Longitud Total	200	m

4.1.2. Diseño de sección

La sección del pique inclinado será de 2.40m x 2.40m. Ver Tabla 5.

Tabla 5 : *Parámetros para el diseño de la sección*

Parámetro	Cantidad	Unidad
	Ancho	Alto
Sección	2.4	2.4 m

4.1.3. Cálculo de la maquinaria de extracción del pique inclinado.

Capacidad de Carga

Debido a que los carros mineros U35 tienen una capacidad nominal de 35 pies³ (1m³) se procede a calcular la capacidad de carga de los carros mineros mediante la siguiente formula:

$$C = \frac{V_C \cdot \rho \cdot f_C}{(1 + e)}$$

Dónde:

C = Carga o capacidad de carga (t)

V_C = Volumen del carro minero U35 (m³)

ρ = Densidad de la roca (t/m³)

f_C = Factor de carguío (%)

e = Esponjamiento (%)

Se considera los siguientes valores para la formula, asumiendo una humedad para ambos casos de 3%

$$\rho_{\text{mineral}} = 2.7t/m^3 + 3\%(2.7t/m^3) = 2.781 t/m^3$$

$$\rho_{\text{desmonte}} = 2.5t/m^3 + 3\%(2.5t/m^3) = 2.58 t/m^3$$

Su factor de carguío es 80%

El esponjamiento es:

e = 40% para mineral

$e = 50\%$ para desmante

Remplazando estos datos podemos calcular la capacidad de carga de mineral y desmante en carros U35.

En mineral:

$$C_{\text{mineral}} = \frac{(1\text{m}^3)(2.781\text{t}/\text{m}^3)(0.80)}{(1+0.4)} = 1.59\text{t}$$

En desmante:

$$C_{\text{desmante}} = \frac{(1\text{m}^3)(2.57\text{t}/\text{m}^3)(0.80)}{(1+0.5)} = 1.37\text{t}$$

Entonces si se va izar 3 carros mineros por viaje, el peso del material por viaje es el siguiente:

Peso por viaje (mineral):

$$(3\text{c mineros/viaje})(1.59\text{t/c minero}) = 4.77 \text{ t/viaje}$$

Peso por viaje (desmante):

$$(3\text{c mineros/viaje})(1.37\text{t/c minero}) = 4.11 \text{ t/viaje.}$$

Peso del carro minero y N° de carros mineros izados por viaje

Debido a que el peso (tara) de 1 carro minero U-35 = 700kg = 0.7t

Entonces el peso de 3 carros minero será: $0.7\text{t} \times 3 = 2.1 \text{ t}$

4.1.4. Diseño del cable de izaje

La estructura o número y disposición de alambre en la cuerda depende del uso que se le va a dar. Usualmente se asigna numéricamente al poner el número de torones y

el número de alambres por torón; entonces un cable de 6 torones con 19 alambres por torón se denomina un cable de 6 x 19 y uno de 6 torones por 7 alambre por torón es un cable de 6x7.

Los torones de estos cables están puestos alrededor de un alma de cáñamo el cual tiene la función de absorber y retener el lubricante, además que actúa como un cojín flexible en el cual los torones pueden ser incrustados, lo que previene un desgaste por fricción cuando se curva en los tambores de los winches; los tipos de cables de alambre normalmente usados para acarreo son los del tipo “round strand” o “flattenedstrand”, ambos tienen 6 torones enrollados sobre un núcleo de fibra.

El cable tipo “flattenedstrand” tiene claramente un mayor número de alambres en la circunferencia exterior y por tanto provee mucha mayor resistencia al desgaste superficial.

Esta superficie de desgaste puede ser luego incrementada al retorcer los torones en el cable en la misma dirección que los alambres en el torón, a lo que se le conoce como “Lang’s lay” o “regular lay”, en el cual los torones y el cable son retorcidas en direcciones opuestas

Pueden ser “left-hand” o “right-hand”, de acuerdo a la dirección del enrollado de los torones a lo largo del núcleo.

La masa y fuerza de los cables de alambre depende, en gran medida, de la cantidad de acero en la sección transversal, los cuales son proporcionales al diámetro al cuadrado, pero en ambos casos afectados por el diseño del cable, por lo que se le añade una constante

Si la masa del cable es $m = qd^2$, donde q es una constante que depende del diseño del cable.

El valor de masa resultante se corroborará con tablas de proveedores de cables.

El tipo de acero ampliamente usados en los cables de alambre tiene una resistencia a la ruptura alrededor de 1570 Mn/m^2 o (160k/mm^2) , y la fuerza de ruptura puede ser considerada como $S = Kd^2$, donde K es una constante que depende del diseño del cable y la resistencia del alambre.

Si el diámetro del cable es d (en cm), entonces la masa es $m = qd^2$ y la fuerza es: $S = Kd^2 \dots Kn$.

La Tabla 6 nos muestra los valores de q y K para varios tipos de cables, los valores de K son los que toma cuando su resistencia a la ruptura es de 1570 MN/m^2 . El valor de K para aceros de otras resistencias puede ser hallado por proporción.

Tabla 6: *Constantes de masas y esfuerzos de cables de alambre*

Tipo de cable	q	K
Roun Strand	0.36	52
Con alambre en el núcleo	0.4	56
Flattened Strand	0.41	55
Con alambre en el núcleo	0.45	58
Lockedoil	0.564	85

El tamaño del cable de alambre es usualmente dado en mm, pero el cm nos lleva a constantes más apropiadas.

Factor de Seguridad del Cable.

El ratio de la fuerza de rotura entre la carga máxima se le denomina factor de seguridad. Para cables utilizados en acarreos la máxima carga es difícil de especificar y en muchos casos se determina por las fuerzas de inercia generadas debido a repentinas tensiones de los cables. La Figura 9 representa un tren de vagones (carros mineros) siendo jalados en ascenso por un inclinado de ángulo Θ , mediante un cable de alambres. La masa del tren representa como M_T , la masa total de las llantas es M_W de radio r , radio de giro k , y la masa total del cable es M_R .

Las fuerzas que actúan se muestran, donde:

$$\text{Masa total equivalente del tren } M_E = M_T + M_W \frac{k^2}{r^2}$$

Además, μ_T es el coeficiente de fricción del tren y μ_R es el coeficiente de fricción del cable

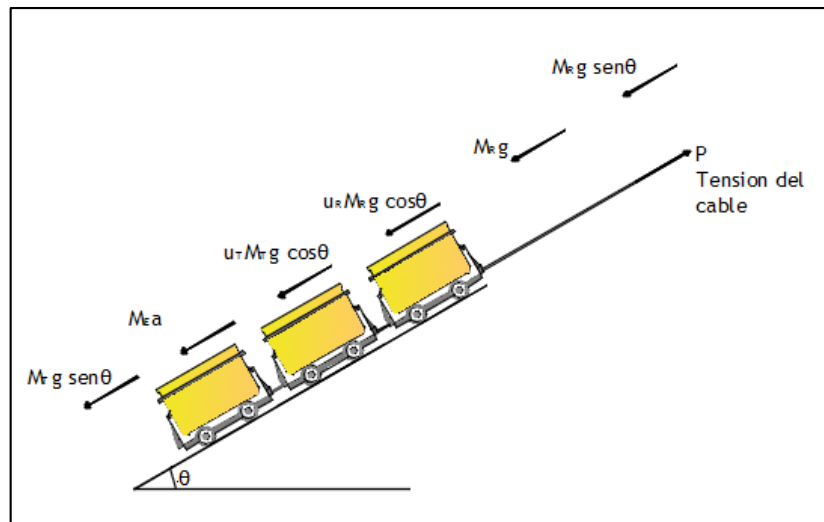


Figura 9: Diagrama de cuerpo libre, adaptación de Arias Calla (2013)

Es conveniente considerar a todas estas fuerzas como coeficientes multiplicados por el peso correspondiente y a usar $M_T g$ como peso del tren para todos los coeficientes relacionados con el peso del tren, escribiendo $M_T g A = M_E \alpha$ de tal manera que A, el

coeficiente de aceleración es dado por $A = M_E \alpha / M_T g$, De igual manera, el $\text{sen}\theta$ es igual a G , el coeficiente de gradiente; μ_T es igual a R , el coeficiente de resistencia del tren; y μ_R es igual a Q , el coeficiente de fricción de cable, además el $\text{cos}\theta$ es muy cercano a 1 para gradientes típicas.

La Figura 10 muestra el mismo tren que en la figura con los coeficientes y las masas asociadas usadas en el sistema.

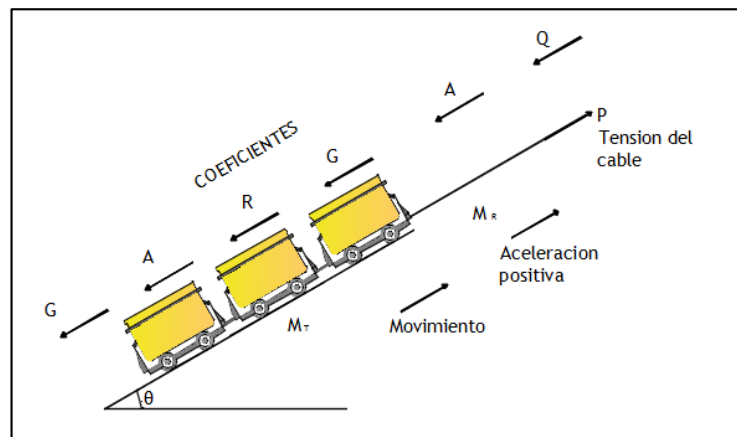


Figura 10: Diagrama de cuerpo libre asociado adaptación de Arias Calla

Las resistencias R y Q son siempre opuestas al sentido del movimiento y A es siempre opuesta al sentido de aceleración (Por el principio de D'Alembert), donde G siempre actúa hacia la gradiente. La fuerza de inercia asociada al cable es, en realidad, $M_R \alpha$ y no $M_R g A$ como se muestra en la figura, pero, de hecho, algunos de los rodillos de soporte van a tener que acelerarse en un movimiento giratorio, por lo que se debe considerar esta condijo.

La tensión del cable se calculará con la siguiente expresión:

$$P = M_T g (G + A + R) + M_R g (G + A + Q)$$

Si A es el coeficiente calculado de una máxima aceleración, esta ecuación puede ser usado para hallar la tensión máxima de la cuerda, pero en el arranque el valor máximo

de A no es generalmente conocido. Con el fin de considerar este criterio e incluir un tipo de factor de seguridad dinámico de 5 para la fuerza del cable, la ecuación puede ser simplificada como se ve a continuación:

$$S = \text{Fuerza de ruptura de la cuerda}$$

$$S = 5Mg(A + G)$$

Donde $M = M_T + M_R$, y tanto R como Q son ignorados, ya que sus valores son mucho menores que A o G. El valor de A se asume que es 0.125 para cualquier propósito en general.

Esta parte es un reescrito de un método sugerido por Crook, A.E. *Tranas. Inst. Mining Engrs* 118, parte 4 (1959).

Así mismo de acuerdo al Art. 306 (Capítulo VII) del reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, Decreto Supremo 024-2016, el factor de seguridad de carga de rotura/carga de trabajo de los cables utilizados en minería será de 5, cuando se usa para el transporte de mineral o materiales. Por tanto, esto concuerda con la teoría líneas arriba descritas.

4.1.5. Cálculo del cable óptimo y su peso.

La determinación del cable óptimo a emplear se hará en base al izaje de mineral, ya que es donde se carga el mayor tonelaje 4.77t por viaje. Por tanto se realizará un cálculo de la tensión que debe soportar el cable según las características de izaje:

Ya que cada vagón tiene 1.59t de capacidad, se necesitarán 3 carros mineros (4.77t)

Debido a que se va usar un cable tipo “flattened strand”, de diámetro “d” (cm), se utilizan las relaciones de masa y fuerza con el diámetro con la constante de la tabla 4:

$$\text{masa} \quad m \left[\frac{kg}{m} \right] = 0.41 d^2$$

$$\text{Fuerza} \quad S [kN] = 55 d^2$$

Entonces se va considerar la ecuación anterior para realizar un cálculo más exacto, pero adicionalmente el factor de seguridad de 5, como se observa en la siguiente expresión:

$$S = 5[M_T g(G + A + R) + M_R g(G + A + Q)]$$

Dónde:

$$M_T = 3 \times (1.59t + 0.7t) = 6.89t$$

$$M_R = 200m \times 0.41 d^2 \times \frac{1t}{1000kg}$$

$$M_R = 0.082 d^2$$

Se asume que $A = 0.125$ y como $G = \text{sen}40 = 0.64$, $R = 0.01$, $Q = 0.1$,

Entonces reemplazamos los datos en la fórmula:

$$S = 5g[M_T(G + A + R) + M_R(G + A + Q)]$$

$$55 d^2 = 5 \times 9.81[6.89 \times (0.64 + 0.125 + 0.01) + 0.082 d^2 \times (0.64 + 0.125 + 0.1)]$$

Despejando:

$$55 d^2 = 261.71 + 0.07 d^2$$

$$55 d^2 = 261.71 + 0.07 d^2$$

$$d = 2.18\text{cm} = 21.8\text{mm}$$

El valor más cercano, de acuerdo a los tamaños estándares de cable de flattened o triangular strand, es de diámetro **22 mm**.

El valor de M_R , según la formula, para la longitud total de 200m de este cable es:

$$M_R = 0.082 d^2 = 0.082 (2.18\text{cm})^2 = 389.7\text{kg}$$

Entonces la masa del cable de izaje es:

$$m \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}} \right] = 0.41 (2.18)^2 = 1.94 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Y la fuerza de ruptura de cable es:

$$S [\text{kN}] = 55 (2.18)^2 = 261.4 \text{ N}$$

La tensión máxima que se ejercerá sobre el cable es: 261.4N

Tal como indica la bibliografía, para aplicar este resultado a un proyecto real se debe verificar la información con alguna tabla de un fabricante. En este caso, se corroborará estos resultados con el catálogo de una empresa australiana de fabricación de cables de alambre. Ver Tabla 7.

Según el diámetro nominal de cable calculado que es 22mm, ahora analizamos si coincide los resultados calculados con el catalogo:

El valor de la masa de cable calculado es 1.94 kg/m que se aproxima al catálogo que es 2 kg/m.

Mientras que el valor de la fuerza de ruptura de cable calculado es 261.4 N que es diferente a lo que el catalogo indica 312N, esto es por el sistema de extracción en este caso es un pique inclinado y no un pique vertical.

Tabla 7: *Datos de cables de alambre para minería*

Diámetro nominal mm	Masa aproximada 6 x 19 a 6 x 25 Kg/100m	Fuerza de ruptura mínima kN
16	105	164
18	132	206
20	164	255
22	200	312
24	237	369
26	276	432

Fuente: catalogo Wire & Rope Strand de A. Noble Son LTD

Entonces, en resumen, se escogerá un cable con las siguientes características.

Ver Tabla 8.

Tabla 8: *Resumen de características del cable para izaje óptimo*

Tipo	Flattened – Triangular Strand (de torones perfilados – triangulares)
Distribución de alambres	6 x 23 (6 x 10/12/)
Dirección de corchado (Lay)	Lang´s Lay (corchado directo)
Diámetro	22mm
Fuerza Mínima de Ruptura	261kN

Máximo tonelaje por hora y por turno

Cuando se proyecta una instalación de extracción, se debe tener los siguientes parámetros para hallar la capacidad horaria de la instalación:

Producción Anual (A) : 45 00t/mes x 12meses: 54 000 t

Profundidad del pozo (H) : 200m

Entonces la producción por hora de un pique para la extracción de carga (material) se obtiene por la siguiente formula:

$$Qh = \frac{c(A + a)}{dt}$$

Dónde:

A: Tonelaje anual de mineral extraído por el pique = **54 000**

a: Tonelaje anual de material estéril extraído por el pique = **54 000**

d: Número de días trabajado por año = **350**

t: Número de horas efectivas de trabajo de izaje por día = **14**

c: coeficiente de irregularidad de la producción = 1.15 para carros U 35

Entonces, se reemplaza los valores en la fórmula para conseguir la capacidad horaria de extracción

$$Qh = \frac{1.15(54\ 000 + 54\ 000)}{350 \times 14} = 25.35\ t/h$$

Máximo tonelaje por turno

Debido a que la operación trabaja en dos turnos de 12 horas de duración cada uno, pero con un tiempo efectivo de izaje de 7 horas por turno:

$$\text{Max ton/turno} = \frac{25.35t}{hr} \times 7hrs = 177.45 t/\text{turno}$$

Número de horas por turno en izaje

El izaje se realizará durante 7 horas efectivas del turno de trabajo.

Número de turnos por día

La extracción de mineral y desmonte se realizará en dos turnos, cada uno de ellos con una duración de 12 horas, pero con tiempo de izaje efectivo de 7h.

Máximo n° de viaje por hora en el nv superior y velocidad del cable

Máximo N° de viajes por hora requeridos en el Nv. Superior

a. Para mineral:

$$N^{\circ} \text{ max de viajes por Hr} = \frac{25.35t}{hr} \times \frac{1 \text{ viaje}}{3 \text{ c. m.}} \times \frac{1 \text{ c. m}}{1.59t}$$

$$N^{\circ} \text{ max de viajes por Hr} \approx 5 \text{ viajes}$$

Por lo tanto, se demorará por viaje 0.2 horas ó 12 minutos

b. Para desmonte:

$$N^{\circ} \text{ max de viajes por Hr} = \frac{25.35t}{hr} \times \frac{1 \text{ viaje}}{3 \text{ c. m.}} \times \frac{1 \text{ c. m}}{1.37t}$$

N° max de viajes por Hr \approx 6 viajes

Por lo tanto, se demorará por viaje 0.166 horas ó 10 minutos

En este caso, se trabajará con la situación más crítica que es la de extracción con desmonte para la determinación de la velocidad de cuerda, es decir 10 minutos. Pero a esta cantidad debemos restarle lo que se demora el equipo de extracción en el manipuleo de carros mineros, que en promedio se estimará en 60 s tanto en el nivel superior como inferior. Por tanto, esto suma 2 minutos.

Entonces: 10 minutos – 2 minutos = 8 minutos

Entonces, por cada viaje solamente se debe demorar 8 minutos los carros mineros en recorrer el pique inclinado ida y vuelta, es decir, bajar carros vacíos y subir carros llenos. Entonces la distancia total L es 200m. Ahora se calcula la velocidad de cuerda.

$$Velocidad\ cuerda = \frac{L}{tiempo\ total\ empleado\ por\ viaje} = \frac{200m}{8} = 25\ m/min$$

$$Velocidad\ cuerda = \frac{25\ m}{min} \times \frac{1\ pie}{0.3048m} \times \frac{1\ min}{60seg} = 1.37\ pies/s = 0.42\ m/s$$

4.1.6. Cálculo de las dimensiones de la tambora del winche

Diámetro de la tambora

Se usará un winche de tambor cilíndrico simple. Se escogió cilíndrico, ya que este tipo de tambor es el más óptimo para iza je para este tipo minería, DS 023-2017; la relación entre el diámetro del tambor y el cable debe ser de 48 a 1 cuando el diámetro del cable es menor a 25.4mm o menos, es decir, el caso del proyecto, donde el diámetro del cable a usar es 16mm, se tiene la siguiente relación:

Asimismo, es simple debido a que cuenta con un solo tambor.

De acuerdo al Art. 300 (Capítulo VII) del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional

También cabe mencionar la tambora debe alojar como máximo tres capas de cable.

$$\frac{\text{Diametro cable}}{\text{Diametro tambor}} = \frac{1}{48}$$

$$\frac{22\text{mm}}{\text{Diametro tambor}} = \frac{1}{48}$$

$$\text{Diametro del tambor} = 1056 \text{ mm} = 105.6 \text{ cm} = 41 \text{ pulg (aprox.)}$$

Ancho de la Tambora

Para calcular el ancho de la tambora utilizamos el siguiente gráfico:

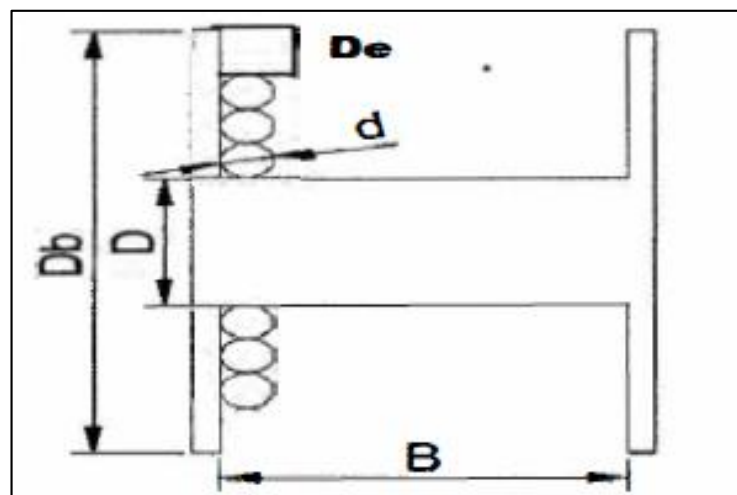


Figura 11: Diagrama de una tambora

La capacidad de la tambora podemos deducir de la ilustración anterior tenemos lo siguiente:

Longitud de cable en una vuelta, capa media.

$$L1 = \pi * \left(D + \frac{D_b - D}{2} \right)$$

Numero de capas

$$N^{\circ} = \frac{D_b - D}{2d}$$

Numero de vueltas que se tiene.

$$N^{\circ} = \frac{B}{d}$$

Longitud total almacenada será:

$$Lt = \pi * \left(D + \frac{D_b - D}{2} \right) * \frac{B}{d} * \frac{D_b - D}{2d}$$

$$Lt = \pi * \frac{B}{4d^2} (D_b + D)(D_b - D)$$

$$Lt = \frac{B}{1.2732d^2} (D_b^2 - D^2)$$

Dado que B esta en milímetros, convertimos a metros:

$$Lt = \frac{B}{1273.2d^2} (D_b^2 - D^2)$$

Dónde:

- Lt: Longitud de cable (m)
- B: ancho de la tambora (mm)
- d: Diámetro del cable (mm)
- D_b : Diámetro de brida (mm)

- D : Diámetro de tambora (mm)

Despejando el ancho de la tambora B :

$$B = \frac{1273.2 * d^2 * Lt}{(D_b^2 - D^2)}$$

Se sabe que la cantidad de capas de enrollamiento para estos izaje deben de tener.

Solamente 3 capas. Por lo tanto, se determinará el diámetro de la brida D_b será:

$$D_b = D + 2 * 3 * d$$

$$D_b = 1.056m + 2 * 3 * 0.022m$$

$$D_b = 1.056m + 2 * 3 * 0.022m$$

$$D_b = 1.188m$$

Ahora calculamos la longitud del cable

Profundidad del pique inclinado = 200 m

Polea – tambora = 400

Empalmes, amarres, corte = 40

Total $Lt = 440$ m

Finalmente calculamos el ancho de la tambora

$$B = \frac{1273.2 * 22^2 \text{ mm}^2 * 275m}{(1188^2 - 1056^2) \text{ mm}^2}$$

$$B = 915mm = 0.915m$$

Entonces quedan resumidas en la Tabla 9 las características de la tambora:

Tabla 9: *Características de la tambora*

Característica de la tambora	Medida (m)	Medida (pulgadas)
Diámetro de la tambora (D)	1.056	41.57
Diámetro de Brida (D_b)	1.188	46.77
Ancho de la tambora B	0.915	36.02

4.1.7. Cálculo, requerimiento del motor

Diagrama de izaje para winches por tambor Cilíndrico

El Diagrama de carguío para izaje con winches de tambor cilíndrico muestra las potencias (en unidades kW) que se requiere para poder realizar el izaje de forma eficiente durante el ciclo de izaje. El ciclo está dividido por 4 tiempos de trabajo los cuales son los siguientes:

- I. Tiempo de aceleración (t_a)
- II. Tiempo de velocidad máxima (t_g)
- III. Tiempo de desaceleración (t_b)
- IV. Tiempo de descanso (t_o)

Existen cuatro puntos principales en el diagrama que representan los valores resultantes de las potencias requeridas por el izaje de acuerdo a los tiempos de trabajo mencionados líneas arriba. Estos puntos se denominan por las siguientes letras: A, C y D. Para poder determinarlos, es necesario, en primer lugar, calcular las potencias (en kW) que el winche requiere para realizar el ciclo de izaje por periodos de trabajo y luego estos

valores se relacionarán mediante fórmulas –que se muestran más adelante-para obtener las potencias resultantes.

Estos puntos (A, B, C y D) se muestran en la siguiente Figura 12.

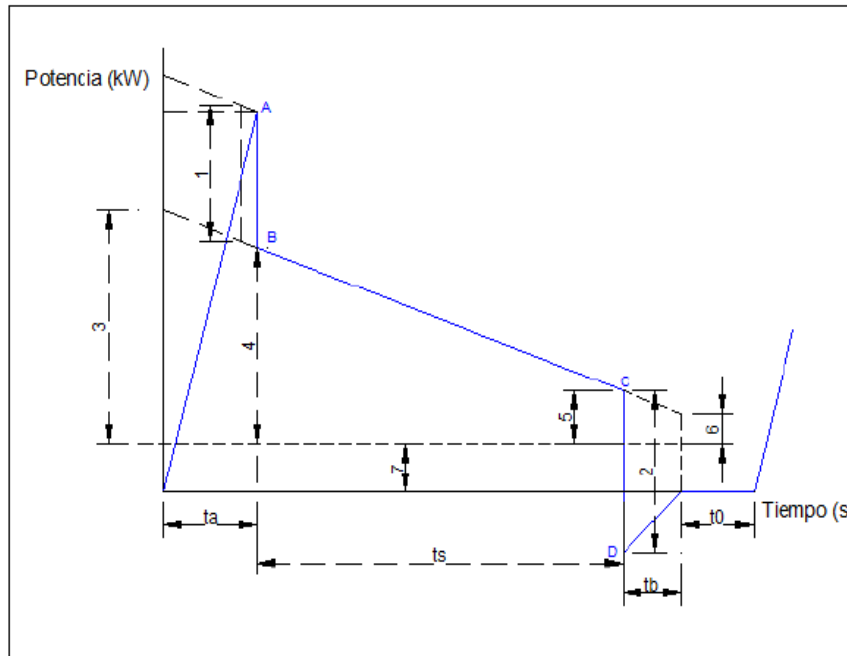


Figura 12: Diagrama de las potencias de izaje de acuerdo al tiempo de izaje en minas subterránea y a cielo abierto, Novitzky, 1965

A continuación, se muestra la Tabla 10, que contiene las fórmulas para calcular los diagramas de izaje:

Tabla 10: Formulas para calcular diagramas de carguío en izaje con winches de tambor cilíndrico para piques verticales o inclinados

Periodo	Símbolo	Izaje no balanceado
Potencia de aceleración (máxima)	(1)	$+ \frac{W'v^2}{32.2 \times 102 \times t_a}$
Potencia de desaceleración (máxima)	(2)	$- \frac{W'v^2}{32.2 \times 102 \times t_b}$
Potencia en el comienzo de aceleración (equivalente)	(3)	$+ \frac{(w + w_r + w_s)vsen\phi}{102}$

Potencia en la velocidad máxima en el final de la aceleración	(4)	$+ \frac{(w + w_r + w_s - w_a)vs}{102}$
Potencia en la velocidad máxima al principio de la desaceleración	(5)	$+ \frac{(w + w_s + w_b)vsen\phi}{102}$
Potencia al final de la desaceleración (potencia equivalente)	(6)	$+ \frac{(w + w_s)vsen\phi}{102}$
Potencia por fricción (promedio) para pique inclinados	(7)	$+7a + 7b + 7c$

Fuente: Transporte y extracción en minas y a cielo abierto, Novitzky, 1965

Para determinar los valores 7a, 7b y 7c del periodo (7), se muestran las fórmulas necesarias.

Componentes de Fricción. Ver Tabla 11.

Tabla 11: *Formula para componentes de fricción*

Periodo	Símbolo	Izaje no balanceado
Potencia de Fricción mecánica	7a	$+ \left(\frac{(w + w_s + 0.5w_r)vsen\phi}{102} + 7b + 7c \right) x \left(\frac{1 - E}{E} \right)$
Potencia de Fricción de rodamiento	7b	$+ \frac{(w + w_s)v x 0.02cos\phi}{102}$
Potencia de Fricción de cable	7b	$+ \frac{w_r x 0.10vcos\phi}{102}$

Fuente: Transporte y extracción en minas y a cielo abierto, Novitzky, 1965

Para obtener estas potencias, es necesario antes definir los valores de las variables como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12: *Nomenclatura y descripciones*

Nomenclatura	Unidad	Descripción
w	Kg	Masa del material a manipular
w_s	Kg	Masa de los vagones (carros mineros)
w_r	Kg	Masa del cable = $L \times$ peso lineal del cable
w_a	Kg	Masa del cable enrollado durante la aceleración $= 0.5 \times vt_a \times$ peso lineal del cable
w_b	Kg	Masa del cable enrollado durante la desaceleración $= 0.5 \times vt_b \times$ peso lineal del cable
w_{ro}	Kg	Peso tal del cable $= w_r +$ masa cable enrollado $+$ masa entre tambor y vagón
w_o	Kg	Masa equivalente de las partes en movimiento (para operaciones balanceadas y no balanceadas), reducido al radio del tambor, incluyendo engranajes, tambores con embragues, poleas, pero no la armadura del motor
W'	Kg	Masa total del sistema de izaje $= w_r + w_s + w_{ro} + w_o$
v	m/s	Velocidad máxima del cable
t	S	Tiempo de un viaje en un solo sentido, excluyendo paradas
t_a	S	Tiempo de aceleración
t_b	S	Tiempo de desaceleración
t_s	S	Tiempo de velocidad máxima
t_o	S	Tiempo de descanso
L	M	Trayectoria total del skip
θ	<i>Grados</i>	Angulo de inclinación respecto a la horizontal
E		Eficiencia del mecanismo

Fuente: Arias Calla, 2013

La eficiencia del mecanismo se calcula de la siguiente forma, según Peele:

$$E = \frac{0.90w}{w + kW''}$$

Dónde:

$W'' = (w + w_s + 0.5w_r)\text{sen } \theta + (w + w_s)0.02\text{cos}\theta + 0.10w_r\text{cos}\theta$ (Para sistemas no balanceados)

$k = 0.05$ para piques inclinados y verticales

Fricción del carro o rodamiento: Un criterio conservador recomendado para condiciones promedio es 2%. Fricción del carro = masa a izar x 0.02 cos θ

La masa equivalente de las partes en movimiento (W') es la masa reducida de todas las partes en movimiento de la instalación de extracción, reducida al perímetro del arrollamiento o en otras palabras, al radio del tambor. De acuerdo a las partes que se debe considerar, en este caso solo se considerará la masa reducida del tambor, ya que para el presente proyecto no se utilizará poleas

La masa reducida del tambor se calcula mediante la siguiente relación según Federov:

$$P_t = (132 + 75B)D_t^2$$

Dónde:

$B = \text{Ancho del tambor [m]}$

$D_t = \text{Diametro del tambor [m]}$

Continuando con el procedimiento del diagrama de izaje, luego de determinar los valores de potencia por periodos de trabajos del ciclo de izaje, se procede a calcular los valores A, B, C y D. Para esto, se utiliza las siguientes fórmulas:

$$\text{Potencia en A} = (1) + (7) + \frac{(4) + 2x(3)}{3}$$

$$\text{Potencia en B} = (4) + (7)$$

$$\text{Potencia en C} = (5) + (7)$$

$$\text{Potencia en D} = (2) + (7) + \frac{(5) + 2x(6)}{3}$$

Observaciones:

- (2) es siempre negativo y (7) es siempre positivo.
- Los cálculos pueden ser verificados de la siguiente manera:
 - a) El Ratio de trabajo neto realizado durante el izaje con el trabajo neto representado por la producción del ciclo de trabajo debe ser igual a la eficiencia mecánica.
 - b) La potencia para la aceleración y desaceleración deben ser iguales.

Diagrama de izaje para winches con tambor cilíndrico.

1er paso: asignación y cálculo de valores de los componentes.

Tabla 13: *Cálculo de los componentes de acuerdo a la tabla*

Nomenclatura	Cálculo	Valor	Unidad
w	$= 1.59 \times 3 \times 1000\text{kg/ton}$	4770	Kg
w_s	$= 700\text{kg} \times 3$	2100	Kg
w_r	$= 200\text{m} \times 1.94 \text{ kg/m}$	388	Kg

w_a	$= 0.5 \times 0.42 \text{ m/s} \times 7 \times 1.94 \text{ kg/m}$	2.85	Kg
w_b	$= 0.5 \times 0.42 \text{ m/s} \times 7 \times 1.94 \text{ kg/m}$	2.85	Kg
w_{ro}	$= 388\text{kg} + (180\text{m} + 25\text{m}) \times 1.94 \text{ kg/m}$	785.7	Kg
w_o	$= (194+75(0.750)) 0.406^2$	41.25	Kg
W'	$= 4770 + 2100 + 785.7 + 41.25$	7696.95	Kg
v	$\frac{200}{208 - 0.5(7 + 7)}$	0.99	m/s
t	$\frac{200}{1.14} + 0.5(7 + 7)$	182.4	s
t_a		7	s
t_b		7	s
t_s	$= 125-(7+7)$	111	s
t_o		45	s
L		200	m
θ		40	grados
E	$\frac{0.9(4770)}{4770 + 0.5(1250)}$	0.8	

2do paso: Cálculo de las potencias por periodos

Tabla 14: *Cálculo de las potencias por periodos de acuerdo a la tabla*

Periodo	Símbolo	Izaje no balanceado	Valor
Potencia de aceleración (máxima)	(1)	$+ \frac{W'v^2}{32.2 \times 102 \times t_a}$	0.32
Potencia de desaceleración (máxima)	(2)	$- \frac{W'v^2}{32.2 \times 102 \times t_b}$	-0.32
Potencia en el comienzo de aceleración (equivalente)	(3)	$+ \frac{(w + w_r + w_s)vsen\theta}{102}$	45.28
Potencia en la velocidad máxima en el final de la aceleración	(4)	$+ \frac{(w + w_r + w_s - w_a)vsen\theta}{102}$	45.26

Potencia en la velocidad máxima al principio de la desaceleración	(5)	$+ \frac{(w + w_s + w_b) v \text{sen} \phi}{102}$	42.88
Potencia al final de la desaceleración (potencia equivalente)	(6)	$+ \frac{(w + w_s) v \text{sen} \phi}{102}$	29.78
Potencia por fricción (promedio) para pique inclinados	(7)	$+ 7a + 7b + 7c$	4.25

Tabla 15: Cálculo de potencias del sistema de izaje

Periodo	Símbolo	Izaje no balanceado	Valor
Potencia de Fricción mecánica	7a	$+ \left(\frac{(w + w_s + 0.5w_r) v \text{sen} \phi}{102} + 7b + 7c \right) x \left(\frac{1 - E}{E} \right)$	11.35
Potencia de Fricción de rodamiento	7b	$+ \frac{(w + w_s) v x 0.02 \text{cos} \phi}{102}$	1.02
Potencia de Fricción de cable	7c	$+ \frac{w_r x 0.10 v \text{cos} \phi}{102}$	0.29

3er paso: Cálculo de valores finales de potencias para cada punto en el diagrama de izaje.

Tabla 16: Valores finales de potencia en cada punto

Punto	Valor (en kW)	Tiempo
A	49.8	7seg
B	49.51	7seg
C	47.13	111seg
D	38.07	111seg

Por último, se presenta el diagrama de izaje con los valores calculados:

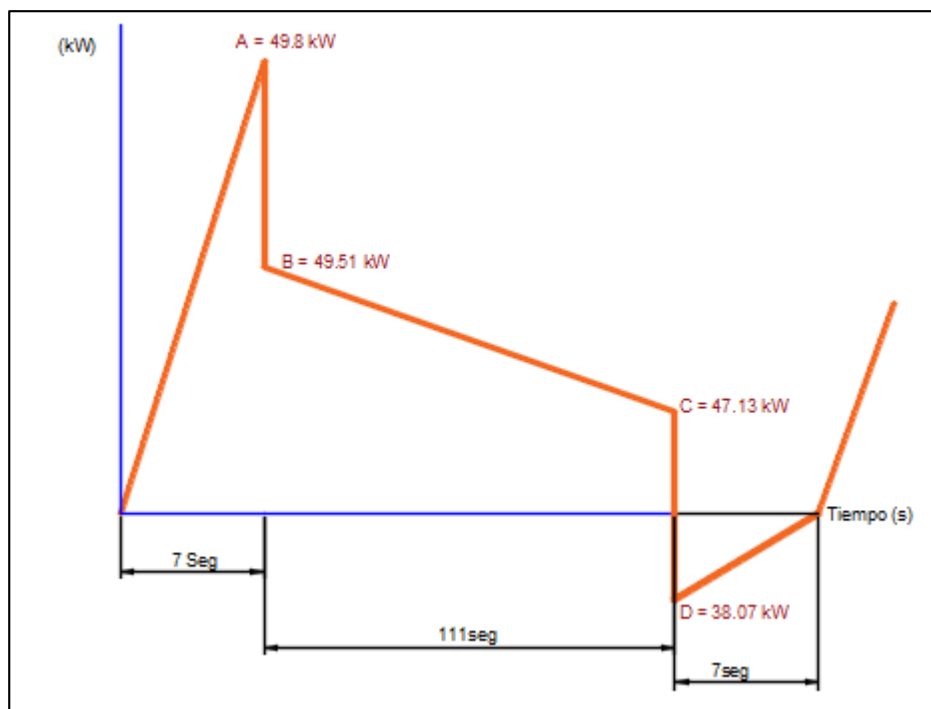


Figura 13: Diagrama de potencia para el sistema de extracción

Capacidad del Motor del Winche Eléctrico.

En este punto se podrá calcular la potencia necesaria que requiere el winche eléctrico para realizar el izaje de manera eficiente. Con este dato podremos definir el modelo del winche a utilizar.

Esta potencia es determinada por el *Root Mean Square* o *RMS* (por sus siglas en inglés) del ciclo de trabajo, es decir, la raíz de la media al cuadrado del ciclo de trabajo. Este valor representa el requerimiento de izaje máximo continuo, el cual se determina mediante el uso de las letras correspondientes al diagrama de izaje de la figura 13, con la excepción que A y D incluyen la potencia requerida para acelerar y desacelerar el rotor del motor.

Para motores de winches que trabajan por con corriente alterna, que es el caso del presente proyecto, se utiliza la siguiente ecuación:

$$RMS(kW) = \frac{A^2 x t_a + \frac{B^2 + C^2 + BC}{3} x t_s + D^2 x t_b}{\frac{t_a}{2} + t_s + \frac{t_b}{2} + \frac{t_o}{4}}$$

Reemplazando los valores A, B,C, y D obtenidos, obtenemos este resultado

$$RMS(kW) = \frac{49.8^2 x 7 + \frac{49.51^2 + 47.13^2 + 49.51 x 47.13}{3} x 111 + 38.07^2 x 7}{\frac{7}{2} + 111 + \frac{7}{2} + \frac{45}{4}}$$

$$RMS(kW) = 46 kW$$

Ya que el RMS de un ciclo de trabajo junto con los requerimientos de sobrecarga establece el requerimiento del motor, no se puede determinar esta sobrecarga de manera precisa hasta que la inercia de la armadura (rotor) sea conocida, por tanto, es necesario estimar la inercia luego de haber calculado el RMS, ya sea por inspección del ciclo o por el RMS calculado sin haber considerado el efecto de la armadura. Este último se considerará para este caso, donde se multiplicará el RMS por un factor en porcentaje para incluir el valor de la inercia y obtener el resultado final.

Entonces, la máxima potencia requerida para acelerar el rotor del motor en 1 segundo se determina de la siguiente manera:

Para motores que trabajan con corriente alterna se multiplica el RMS por un 125%.

Por tanto:

$$\text{Potencia máxima} = 125\% \times 46kW = 56.25kW$$

Se redondea a 60 kW, para ajustarlo a los valores comerciales de potencias de winches de izaje.

Entonces las características finales que deberá tener el winche eléctrico requerido son las siguientes: Ver Tabla 17.

Tabla 17: *Características finales del winche eléctrico*

Peso total a izar	7t
Capacidad de enrollamiento (velocidad de la cuerda)	25 m/min (0.42m/s)
Potencia requerida	60kW (80HP)
Diámetro mínimo de tambor	86.4 cm
Sistema del motor	Trifásico

4.1.8. Capacidad del motor del winche eléctrico

En este punto se podrá calcular la potencia necesaria que requiere el winche eléctrico para realizar el izaje de manera eficiente. Con este dato podremos definir el modelo del winche a utilizar, la potencia es determinada por el Root Mean Square o RMS (por sus siglas en inglés) del ciclo de trabajo, es decir, la raíz de la media al cuadrado del ciclo de trabajo. Este valor representa el requerimiento de izaje máximo continuo, el cual se determina mediante el uso de las letras correspondientes al diagrama de izaje de la figura 13, con la excepción que A y D incluyen la potencia requerida para acelerar y desacelerar el rotor del motor.

Para motores de winches que trabajan por con corriente alterna, que es el caso del presente proyecto, se utiliza la siguiente ecuación:

$$RMS(kW) = \frac{A^2 x t_a + \frac{B^2 + C^2 + BC}{3} x t_s + D^2 x t_b}{\frac{t_a}{2} + t_s + \frac{t_b}{2} + \frac{t_o}{4}}$$

Reemplazando los valores A, B,C, y D obtenidos, obtenemos este resultado

$$RMS(kW) = \frac{49.8^2 \times 7 + \frac{49.51^2 + 47.13^2 + 49.51 \times 47.13}{3} \times 111 + 38.07^2 \times 7}{\frac{7}{2} + 111 + \frac{7}{2} + \frac{45}{4}}$$

$$RMS (kW)=46 \text{ kW}$$

Ya que el RMS de un ciclo de trabajo junto con los requerimientos de sobrecarga establece el requerimiento del motor, no se puede determinar esta sobrecarga de manera precisa hasta que la inercia de la armadura (rotor) sea conocida, por tanto, es necesario estimar la inercia luego de haber calculado el RMS, ya sea por inspección del ciclo o por el RMS calculado sin haber considerado el efecto de la armadura. Este último se considerará para este caso, donde se multiplicará el RMS por un factor en porcentaje para incluir el valor de la inercia y obtener el resultado final. Entonces, la máxima potencia requerida para acelerar el rotor del motor en 1 segundo se determina de la siguiente manera:

Para motores que trabajan con corriente alterna se multiplica el RMS por un 125%.

Por tanto:

$$\text{Potencia máxima} = 125\% \times 46\text{kW} = 56.25\text{kW}$$

Se redondea a 60 kW, para ajustarlo a los valores comerciales de potencias de winches de izaje.

Entonces las características finales que deberá tener el winche eléctrico requerido son las siguientes: Ver tabla 18.

En cuanto al diseño del pique inclinado este tendrá una inclinación de 40° en todo el tramo para mantener la estabilidad de los carros U-35, mientras que el pique inclinado con Skip está de acuerdo al buzamiento de la veta. Ver Tabla 19.

Tabla 18: *Características finales del winche eléctrico.*

Peso total a izar	7t
Capacidad de enrollamiento (velocidad de la cuerda)	25 m/min (0.42m/s)
Potencia requerida	60kW (80HP)
Diámetro mínimo de tambor	86.4 cm
Sistema del motor	Trifásico

Tabla 19: *Comparación de las características del diseño del pique inclinado.*

Descripción	Unidad	Pique Inclinado con Skip	Pique Inclinado planteado con carros U-35
Sección	metros	2.80 x 1.20	2.40 x 2.40
Angulo de inclinación	grados	Según veta	40
Longitud Total	metros	155	200

La maquinaria de extracción del presente trabajo de investigación es de mayor capacidad que el pique inclinado con Skip.

Tabla 20 : *Comparación de resultados de la máquina de extracción.*

Descripción	Unidad	Pique Inclinado con Skip	Pique Inclinado planteado con carros U-35
Capacidad de Carga (mineral)	t/viaje	0.850	4.77
Tipo de cable	-	-	Flattened – Triangular Strand
Diámetro de cable	mm	12.7	22

Fuerza de ruptura mínima	Kn	11.6	261
Ciclo de Izaje	minutos	10	8
Velocidad de Cuerda	m/min	33	25
Diámetro de la tambora	m	0.76	1.056
Ancho de la tambora	M		0.915
Potencia requerida	HP	15	80

En el presente estudio de investigación la producción será de 177.45TM/guardia, hacemos una comparación. Ver Tabla 21.

Tabla 21 : *Comparación de la producción de mineral.*

ITEM	BALDE	SKIP	CARROS U-35
TM/Hora	2.23	4.32	25.35
TM/Turno	15.6	30.24	177.45
TM/Día	31.2	60.48	354.9

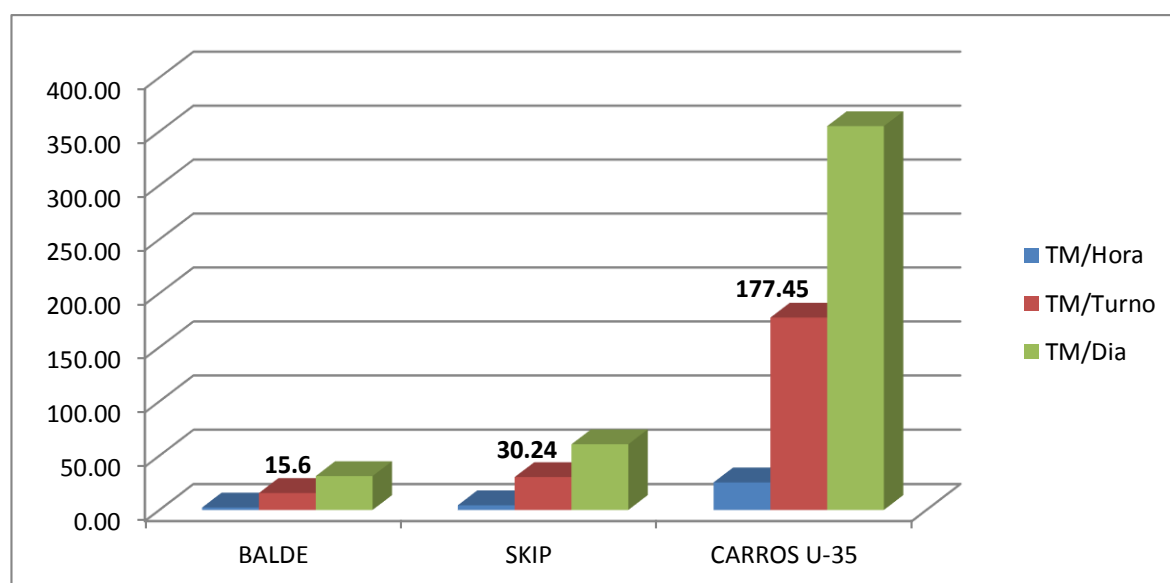


Figura 14: *Comparación de producción de mineral*

En la Figura 14 se puede verificar el abismal incremento de la producción de mineral con carros U-35 respecto a un Skip, con una diferencia de 147.21TM/Turno.

4.2. PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN

En este ítem se presenta el planeamiento de la ejecución de la infraestructura mina necesaria para el sistema de extracción de la profundización, por lo que en primer lugar se define las tareas que se deben realizar antes de empezar con el pique inclinado, luego la ejecución de las cámaras para las estaciones de los piques en el nivel superior e inferior, el pique inclinado y el tendido de rieles, todos con sus respectivas duraciones, todo este programa de ejecución se hace una estimación donde se detalla los tiempos que va a tomar todo el proyecto, dividido en tareas, también se da a conocer los parámetros técnicos que tendrá el pique inclinado en cuanto a su diseño de ingeniería

Finalmente se hace una evaluación económica para poner en marcha la ejecución del proyecto.

4.2.1. Ingeniería para la ejecución del pique inclinado.

La gradiente negativa tendrá una inclinación de 40 grados, mientras que los refugios estarán en lado camino y distanciados cada 25m con dimensiones de 1.50m de ancho, 1.80m de altura y 3.00 m de largo, el inclinado debe tener un compartimento protegido para el tránsito de personal, mientras que la cámara para Winche tendrá las dimensiones de 7.00 m de ancho, 8.00 m de largo y 3.00 m de alto (Winche 80 HP)., tal como se puede apreciar en la Figura 15.

En la base del inclinado, se construirá una labor horizontal de 2.70 m de ancho, 2.40 m de alto y 20.00 m de largo, en el punto de quiebre, irá una polea de 60 cm Ø, anclado sobre una base de concreto como se muestra en la Figura 16.

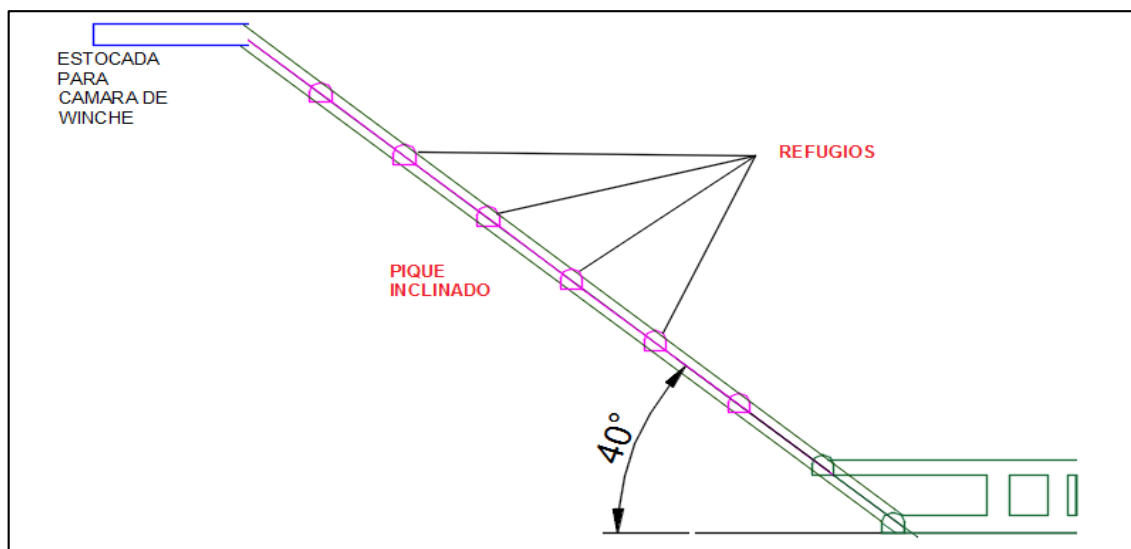


Figura 15: Diagrama del pique inclinado

4.2.2. Operación en la ejecución del pique inclinado.

Perforación y voladura del pique inclinado.

PRIMERO. Verificar las condiciones de su labor, inspeccionando la ventilación, desatado de rocas, accesos, etc. Así mismo llenara las herramientas de gestión según la actividad.

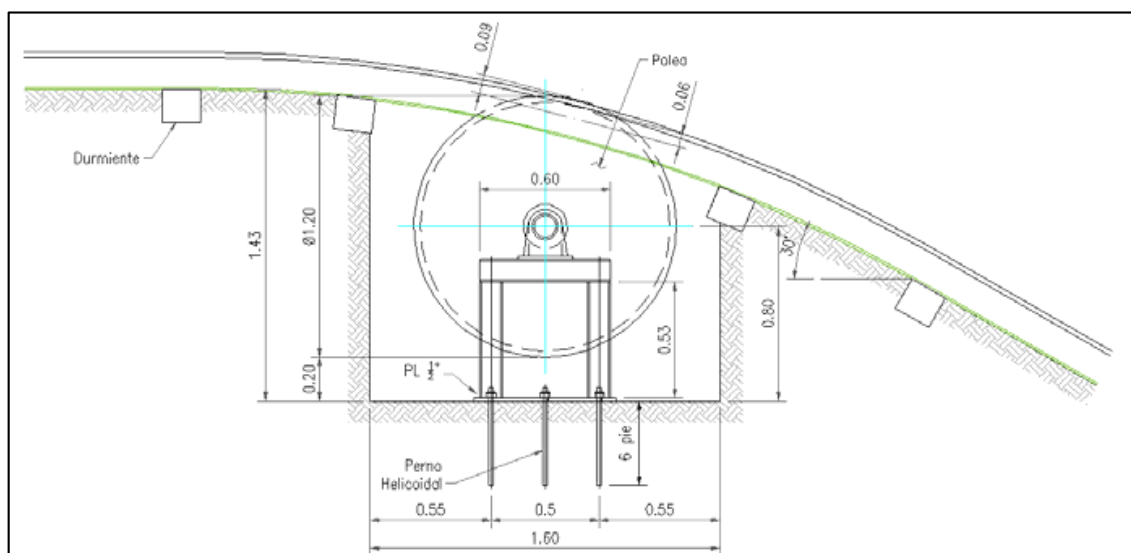


Figura 16: Polea en el punto de quiebre

SEGUNDO. Colocar la escalera metálica de avance, Cargar los equipos a la calesa, previa coordinación con winchero bajaran los equipos para lo cual el personal a re

seccionar estará esperando en el refugio, luego de bajar los equipos de igual manera tocará el timbre para su izaje de la calesa

TERCERO. Colocar sus tablas para pisar adecuadamente al momento de la perforación, al momento de jalar la maquina el tercer hombre de apoyo, previa comunicación y coordinación con el maestro perforista.

CUARTO. Una vez culminado la perforación los taladros se sopleteara uno por uno para hacer el carguío correspondiente, retirar todos los equipos para el disparo y cumplir la hora establecida.

Limpieza del pique inclinado

PRIMERO. Rellenar el check list. Hoja de capacitación de labor, IPERC y el cuaderno de órdenes, verificar la ventilación (gas, polvo, humo), Inspeccionar el acceso del inclinado (Escaleras, descansos, puntales, entablado, manga de ventilación, instalaciones de servicios e instalación eléctrica). Regado y desatado de las rocas sueltas.

SEGUNDO. El winchero inspecciona el winche (sistema de frenos, cable de acero, carros mineros U-35. Seguros de los carros, etc.)

TERCERO. El ayudante winchero usara de forma obligatoria su respectivo arnés de seguridad con su línea de vida anclado

CUARTO. Colocar la escalera metálica de avance, colocar la línea de avance, con la ayuda de una tenaza y a pulso, subir al refugio o a la cabina de protección para comunicar al winchero mediante el código de timbrado para que baje el carro minero.

QUINTO. Realizar la limpieza del material roto, posicionándose correctamente en una ubicación adecuada

SEXTO. Una vez llenado el carro minero el personal se ubicará en el refugio, luego tocará el timbre para que suba el carro minero.

SÉPTIMO. Llegando a la altura del nivel 1760 el ayudante winchero retirará el seguro del carro minero lleno y procederá a cambiar de carro minero, después volverá colocar el seguro en el carro minero vacío para que baje y el winchero advertirá según el código de timbrado la bajada del carro minero.

OCTAVO. Repetir el procedimiento desde el paso quinto al paso séptimo hasta terminar la jornada de trabajo.

4.2.3. Servicios para la ejecución del pique inclinado.

Distribución de espacio

Según la sección del pique inclinado que es de 2.40m x 2.40m, realizaremos la siguiente distribución de cable eléctrico, la tubería de agua, manga de ventilación entre otros. Ver Figura 17.

- El cable eléctrico ira instalado al lado de camino y a una altura de 1.90m
- La tubería de agua, aire comprimido y de bombeo ira instalado en el hastial opuesto al camino, y la alcayata estará anclada a una altura de 1.60m
- La manga de ventilación ira encima del camino.

Instalación de rieles

Se considera las siguientes acciones con los materiales que a continuación se detallan:

- Durmientes de madera de 7" x 5" x 4'.
- Durmientes espaciados a 1,00 m medido de eje a eje.

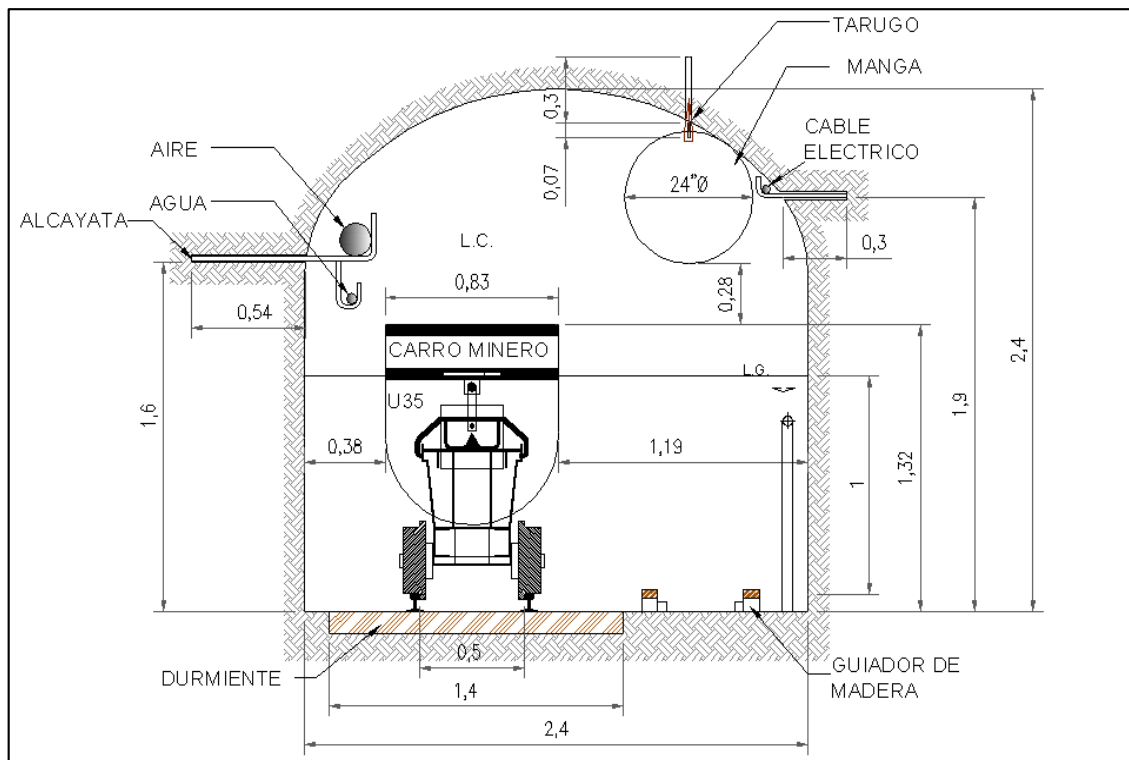


Figura 17: Distribución de espacios de sección 8 x 8

- Trocha de 60 cm.
- Riel de 30 lb/yd.
- El desfase de los empalmes no menor a 1,00 m
- La distancia del riel al hastial (lado del camino) es de 1,30 m.
- La distancia del riel al hastial (lado opuesto del camino) es de 50 cm.
- A cada 5 m se colocará solera de caja a caja, empotrados en sus extremos con
 - Patilla de 15 cm hasta 30 cm. dependiendo de la dureza de la roca.
 - La solera de madera tendrá una sección de 7"x 5" y de longitud variable de acuerdo al terreno.
- En la trocha del riel, instalar 2 tablas (1"x8"x10") en paralelo a lo largo del inclinado.
- Instalar polines cada 10,00 m en la trocha del riel, para reducir la fricción por arrastre del cable de izaje

Camino

La escalera estará provista de dos tablas laterales espaciados 40 cm, el paso es de 30 cm, el contrapaso es de 18 cm, el paso estará relleno con material (arena).

El empalme entre escaleras irá asegurado con tablas de 2" x 8" x 1'; mientras que los pernos con argolla estará anclado en el lado del camino y a una altura de 1 m y espaciado cada 3 m y el cable de acero de 3/8" de diámetro forrado con tubería de polietileno de 1"Ø, como ese puede apreciar en la Figura 18.

Guiadores

El inclinado estará provisto de guiadores laterales a la trocha, con las siguientes características mostradas en la Figura 19:

El espaciamiento entre guiadores es de 1,33 m

Guiadores de madera Pino de 4" x 6" x 20'.

Guiador irá anclado en base metálica.

Procedimiento para el sistema de extracción

El winchero al iniciar su labor deberá inspeccionar el winche, cables, polea frenos estén en perfecto estado de funcionamiento.

Cualquier desperfecto encontrado deberá ser reportado inmediatamente a su jefe inmediato y al área de mantenimiento, no deberá iniciar su labor hasta que haya corregido.

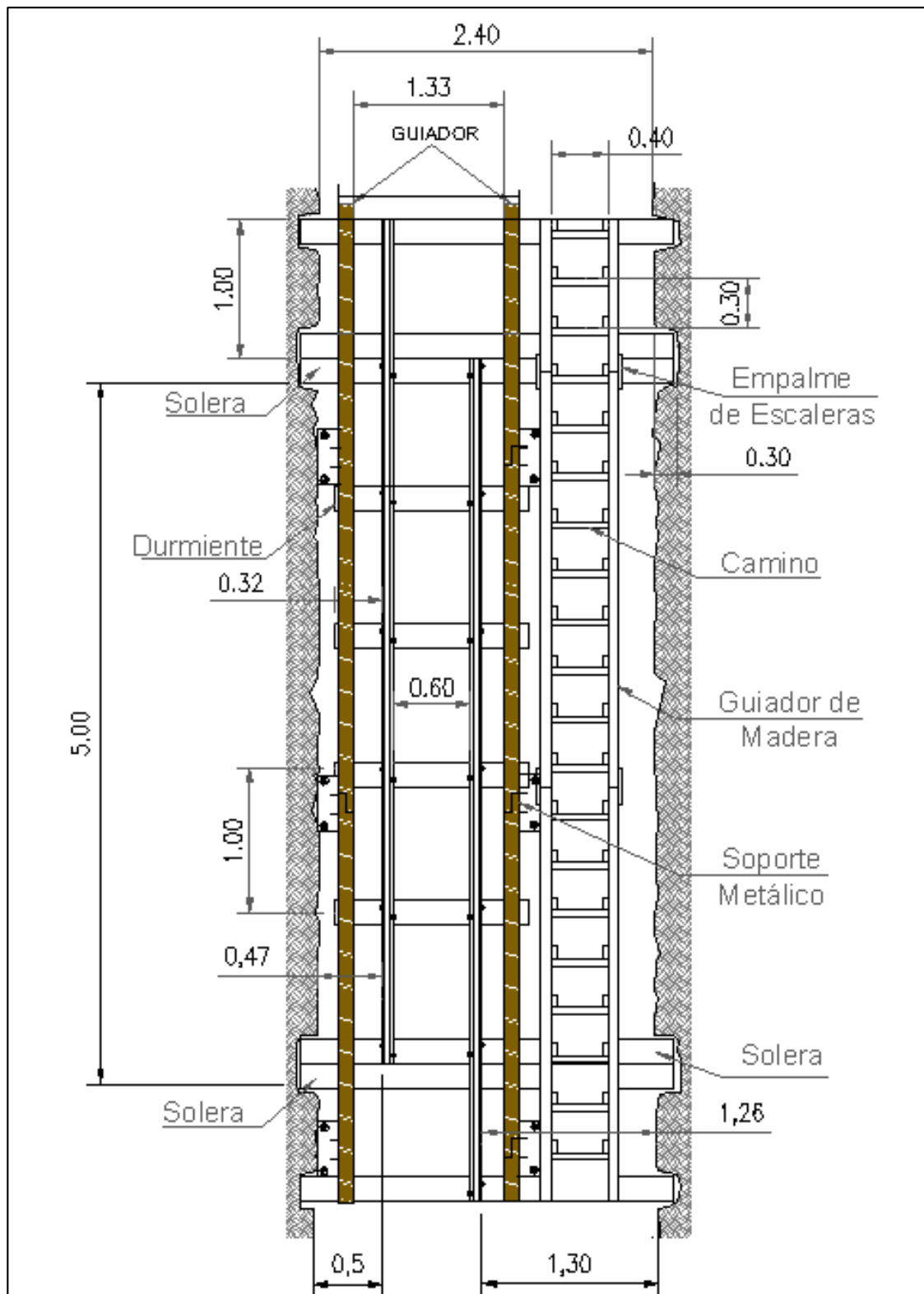


Figura 18: Vista en planta de las instalaciones del inclinado

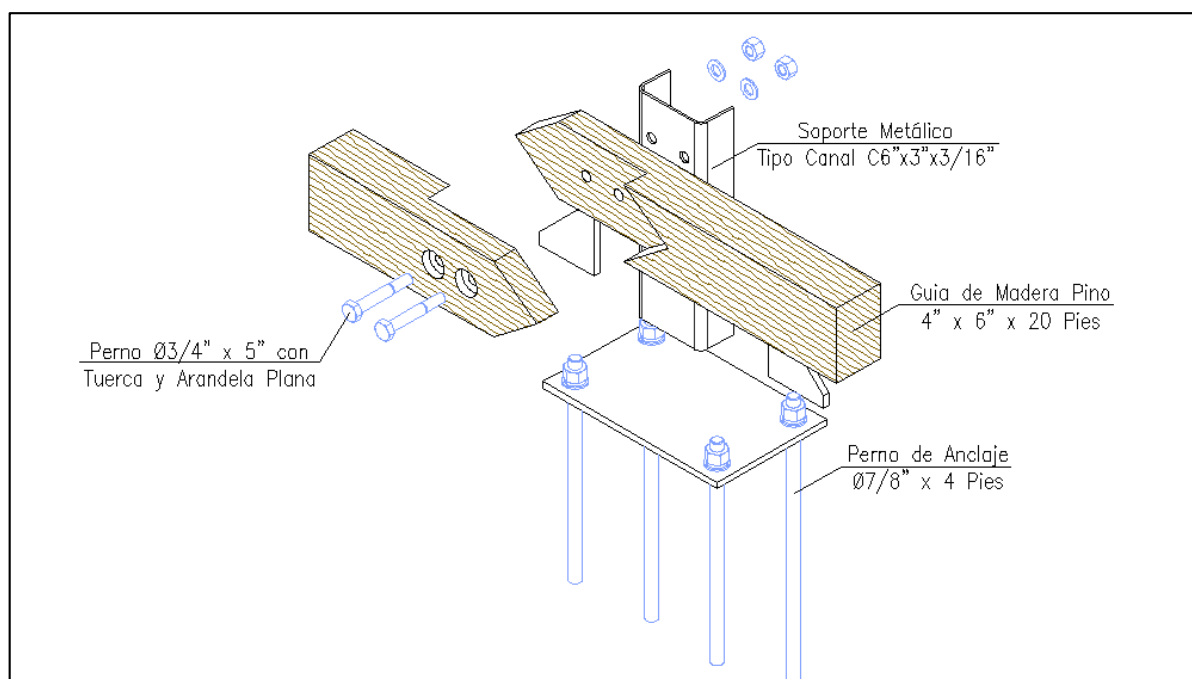


Figura 19: Base metálicas y empalme de guías

El winchero está prohibido responder alguna señal que no está incluido en el código de señales elaborado por el departamento de seguridad.

Antes de iniciar con el izaje se deberá realizar la prueba en vacío.

En el momento de izaje está prohibido el tránsito del personal por el camino adyacente al carril de izaje

Mantener siempre el orden y limpieza en la zona de trabajo.

Para el izaje de los distintos niveles, se realizará como máximo 3 carros U-35, con la carga al ras; para esto antes del izaje deberá igualar la carga con la lampa.

Para la comunicación entre los ayudantes y el winchero se realizará mediante el siguiente código de timbrado que se muestra en la Figura 20.

NUMERO DE TIMBRADAS	INDICACIÓN
●	Parada
● ●	Bajada
● ● ●	Subida
● ● ● ●	Disparo
● ● ● ● ●	Superficie
● ● ● ● ● ● ● ●	Emergencia

Figura 20: Código de timbrado para el sistema de izaje

Los enganchadores del nivel a realizar el izaje deberán inspeccionar la vía, trocha del inclinado hasta esta; La estación de zona de enganche, eliminando los riesgos posibles en estas.

En la zona de enganche del Nivel 1760 y Nivel 1560, se deberá bajar el puente de la vía, según el procedimiento, teniendo en condiciones la zona de enganche, se procederá a solicitar los carros mineros mediante con el timbre según el código de timbrado. (02 timbradas).

Llegando al nivel donde se realizará el izaje, el enganchador tocara timbre de parada (01timbrada) luego desenganchara los carros y enganchara a los carros que están cargados, antes de tocar el timbre de subida deberá revisar bien las cadenas auxiliares, pin de enganche hacia el cable de acero principal y asegurar los cables auxiliares a los ganchos laterales del carro U-35; luego el enganchador dará la señal para que suba los carros mineros cargados, el winchero responderá la señal, confirmando la señal y el winchero procederá a mover el carro minero.

Una vez pasando el codo, el enganchador dará aviso con el timbre. Para aumentar la velocidad de izaje (03 timbradas), mientras que los ayudantes en la parte superior

deberán desenganchar los carros mineros, para eso esperará que los carros estén completamente parados.

Terminado el izaje en el nivel correspondiente, se dará aviso al winchero mediante un timbrado largo y además de la coordinación vía telefónica. Estará terminantemente prohibido el transporte de personal en los carros mineros

4.2.4. Descripción del proceso de ejecución del pique inclinado.

La ejecución del Pique Inclinado se presenta detallando las labores a construir

Ejecución del crucero

Se construirá un crucero con una sección de 2.10m x 2.40m y una longitud de 30 metros en el nivel 1760.

Estación superior (casa winche)

Construido el crucero desarrollamos la estación superior para la casa del winche, la sección será de 2.40m por 2.40m con una longitud de 30 metros

Ejecución del pique inclinado

La ejecución del pique se realizará en sentido descendente es decir partiendo de nivel 1760, específicamente de la Gal. 520.

El avance se realizará con una maquina Jack leg con un barreno de 6 pies

Estocadas de seguridad

Las estocadas de seguridad son refugios que están distanciados a cada 25 metros a lo largo del pique inclinado, estos estarán ubicados en lado camino.

La sección será de 1.50 x 1.80 con una longitud de 3 metros

En todo el tramo del pique inclinado se realizará 8 estocadas de seguridad.

Estación inferior

En el nivel 1630 se construirá una estación para la recepción de los carros mineros, es donde se realizará el carguío a través de dos tolvas una de mineral otra de desmonte

La sección será el mismo del nivel superior 2.40m x 2.40m

Chimenea de doble compartimento

En el Nivel inferior se construirá dos chimeneas para armar los pockets esto construyendo dos tolvas americanas

La sección de la chimenea será 2.40m x 1.20m con una altura de 8 metros.

Instalación de riel y camino

El tendido de Rieles y la instalación de camino se realizará paralelamente, a lo largo del pique inclinado se requiere instalar 34 colleras.

Tolvas americanas

Se armará dos tolvas americanas para almacenar la carga de mineral y desmonte

4.2.5. Obras civiles.

La siguiente tarea a realizar es el armado de plataforma del winche de izaje, el cual se elaborará con diferentes componentes de madera tales como longarinas, redondos, tablas, así como bloquetas de concreto.

4.2.6. Instalación, energizado y prueba de winche de izaje.

Todo este trabajo lo realizará el proveedor del winche, además el costo que representa está incluido en el del equipo, por lo que esta tarea demanda tiempo, pero no costo.

4.2.7. Cronograma de actividades para la construcción del pique inclinado.

En la tabla 22 se muestra los días a trabajar según la actividad a desarrollar, para la ejecución del pique inclinado tendrá una duración de 134 días.

Tabla 22 : *Cronograma de actividades.*

Actividades a desarrollar	Sección	Nivel	Unidad	Avance total	Avance /guardia	Avance /día	Días
Crucero	7' x 8'	1760	m	30	1.75	3.5	9
Estación Superior (casa winche)	8' x 8'	1760	m	30	1.75	3.5	9
Pique Inclinado	8' x 8'	1760- 1630	m	200	1.42	2.84	71
Estocadas de seguridad	5' x 6'	1760- 1630	m	24	2.8	5.6	5
Estación inferior	8'	1630	m	20	1.75	3.5	6
Chimenea doble	8'	1630	m	16	1.6	3.2	5
Instalación de Riel y Camino		1760- 1630	collera	34	1	2	17
Tolvas americanas			und	2	0.125	0.25	8
Obras civiles							3

Instalación y energizado de winche	1
Total, días de ejecución	134

4.2.8. Cálculo de costos de pique inclinado.

Costo de Voladura en pique inclinado 8' x 8'.

A. Explosivos

Semigelatina 65% \$ 43.400

B. Accesorios de Voladura

Carmex (2.10 m) : \$ 0.52 x 54.6 m \$ 48.392

Mecha rápida \$ 9.140

Costo total de voladura \$ 100.931

EL resumen de construcción de un pique Inclinado de sección 8' x 8', se muestra en la Tabla 23 y 24.

Tabla 23 : *Costos de perforación y voladura del pique inclinado 8' x 8'*

Descripción	US \$ /m
Costo de operación	\$ 280.882
Costo de voladura	\$ 100.931
Costo total general	\$ 381.813

Fuente: Departamento Mina – MACDESA

Tabla 24 : *Resumen general de costos unitarios.*

Tipo de labor	Unidad de mediad	Costo S/. / m; Pza Ó Unid
Crucero 2.10 x 2.40; Pala roca dura	m	466.73
Galería, 2.10 x 2.40; Pala roca dura	m	448.31
Galería, CX 2.10 x 2.40 ; Pala roca semi dura	m	407.76
Subnivel 1.0 x 1.80 a pulso roca dura	m	305.57
Subnivel .0 x 1.80 a pulso roca dura	m	282.77
Estocada 1.2 X 1.5 a pulso roca dura	m	304.86
Estocada 1.2 X 1.5 a pulso roca dura	m	277.29
Crucero 1.50 x 1.8 a pulso roca dura	m	447.50
Galería, 1.50 x 1.8 a pulso roca dura	m	424.89
Galería, 1.50 x 1.8 a pulso roca semidura	m	395.21
Inclinado, 2.4 x 2.4	m	1094.81
Chimenea simple 1.20 x 1.50 roca dura	m	294.17
Chimenea simple 1.20 x 1.50 roca semi dura	m	283.84
Chimenea doble 2.40 x 1.20 roca dura	m	313.45
Chimenea doble 2.40 x 1.20 roca semi dura	m	308.66
Extracción con locomotora	Tn	8.62
Extracción con carros Z-20	Tn	10.75
Instalación de puntal de seguridad	Unid.	34.10
Cuadro completo 2.1 X 2.4	Pza	136.86
Cuadro cojo 2.1 X 2.4	Pza	132.57
Cuadro completo 1.5 X 1.8	Pza	132.57
Cuadro cojo 1.5X 1.8	Pza	132.57
Enrejado	Unid.	2.74
Entablado	Paño	65.64
Tolva americana	Und	1563.99

Fuente: Departamento de Mina – MACDESA

4.2.9. Cálculo del costo total de la infraestructura.

En la Tabla 25 se hace un resumen que detalla los costos realizados en la construcción de todas las labores físicas.

Tabla 25 : *Costo total de las labores físicas.*

Labores a Construir	Sección	Nivel	Unid	Avance	Costo Unitario S/.	Costo Total S/.
Crucero	7' x 8'	1760	m	30	466.73	14001.90
Estación Superior (casa winche)	8' x 8'	1760	m	30	466.73	14001.90
Pique Inclinado	8' x 8'	1760- 1630	m	200	1094.81	218962.00
Estocadas de seguridad	5' x 6'	1760- 1630	m	24	424.89	10197.36
Estación Inferior	8' x 8'	1630	m	20	466.73	9334.60
Chimenea doble	8' x 4	1630	m	16	313.45	5015.20
Instalación de Riel y camino		1760- 1630	collera	34	425.3	14460.20
Tolvas americanas			unid	2	1563.99	3127.98
Obras Civiles						1200.00
Otras instalaciones						1150.00
Costo total de la Infraestructura						291451.14

Según al tipo de cambio 1US\$ = S/. 3.37, el costo total de la infraestructura tiene un valor de US \$ 86 484.02

4.2.10. Inversión total en la ejecución del pique inclinado.

Al costo total de la infraestructura se agrega en el siguiente resumen el costo de materiales y equipos hasta poner en marcha el proyecto esto se muestra en la Tabla 26.

Tabla 26 : Inversión total en la ejecución del pique inclinado.

Descripción de costos	Unidad	Cantidad	Precio unitario US \$	Total US \$
Costo total de la infraestructura	Und.	1	86484.02	86484.02
Costo de rieles de 30lb/yd con todos sus accesorios	colleras	34	162.20	5514.80
Madera para la instalación de camino (incluye durmientes, soleras, empalmes)	escalera	34	110.00	3740.00
Winche eléctrico motor de 80HP (incluye polea, bases y accesorios)	Und.	1	52500.00	52500.00
Cable Flattened - triangular Strand φ 22mm = 1000 pies	Und.	1	5150.00	5150.00
Carros mineros U-35	Und.	15	1500.00	22500.00
Locomotora de 6t (equipo completo)	Und.	1	30000.00	30000.00
Costos adicionales por transporte, montaje, desmontaje y otros del winche				12140.00
Costo Total de Inversión				218028.82

El costo de capital para la construcción del pique inclinado será de US\$ 218 028.82.

4.2.11. Ingresos por venta de mineral.

Producción g/día: 354.9 Tm x 12 g. Au/TM = 4 258.8 gr Au / día

Producción \$/día: 4 258.8 gr / día x \$38.89/gr = \$ 165 624 .732/ día

Producción por mes 165 624.732 x 30 = \$ 4 968 741.96 / mes

Producción por trimestre 4968 741 x 3 = \$ 14 906 225.88 / trimestre

Producción por año 14 906 225 x 4 = \$ 59 624 903.52

4.2.12. Evaluación económica

Para realizar las evaluaciones económicas que a continuación se realizan, consideramos:

- Monto total de la inversión US\$ 218 028.82
- Horizonte del proyecto 5 años
- Tasa de interés anual 15 %
- Tasa de interés trimestral 3.75%

a. Cálculo del valor actual neto (VAN)

Viene a ser el valor actualizado de los beneficios netos, descontando la tasa de interés equivalente al costo de oportunidad del capital. Es la suma de los valores actualizados de los costos y beneficios generados por el proyecto durante su tiempo de evaluación:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{(Bt - Ct)}{(1 + i)^t}$$

Dónde:

Bt = Beneficios generados durante el tiempo t

Ct = Costos en el periodo t

n = Horizonte en años

i = Interés

b. Valor actualizado

En lugar de hacer homogéneos los valores como desembolsos anuales se puede dar en términos de inversión inicial reduciendo los pagos anuales al equivalente de su pago realizado junto con la inversión. Esta dada por la siguiente relación:

$$P = A + \frac{1}{Frc} = A + Fa$$

Dónde:

P = Capital prestado o valor inicial

A = Anualidad

Frc = Factor de recuperación de capital

Fa = Factor de actualización

La factibilidad de un proyecto se da con la siguiente regla:

VAN > 0; Se realiza el proyecto

VAN = 0; Se puede realizar o no el proyecto, se toma en factor de riesgo

$VAN < 0$; No se realiza el proyecto

Para realizar los cálculos se puede realizar la relación:

$$VAN = I_0 + \sum_{t=0}^n Fc$$

$$VAN = (B - C) \sum_{t=0}^n \frac{1}{(1+i)^t} x (1+i)^t$$

Dónde:

I_0 = Inversión inicial

Fc = Flujo de caja

i = Tasa de interés

La TIR refleja el valor de la rentabilidad total del proyecto, es decir, equivalente a la tasa de interés compuesto que se tendrá que obtener del capital invertido, para recibir un flujo de utilidades del proyecto

c. Beneficio / Costo (B/C)

Es el coeficiente de la sumatoria de los beneficios actualizados entre los costos actualizados generados por el proyecto durante su horizonte y está dada por:

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{Bt}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{Ct}{(1+i)^t}}$$

Para tomar una decisión se debe tener en cuenta:

$B/C > 1$; Se acepta el proyecto

$B/C < 1$; Se rechaza el proyecto porque los beneficios no cubren los costos

Entonces Hallamos el Beneficio/Costo:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Beneficio actualizado}}{\text{Costo actualizado}}$$

Finalmente se presenta la evaluación económica que debe cumplir el proyecto de inversión las cuales son como el VAN, TIR, B/C, cuyo parámetro determinado está en la Tabla 27, donde se puede verificar que el VAN es positivo, por lo tanto, el proyecto se acepta.

Tabla 27 : *Parámetros de la evaluación económica.*

Tasa de interés (Anual)	15%
VAN	1 275 998.36
TIR	412.50%
C/B	442.87

El TIR= 412.50% es mayor a la tasa 15% de interés el proyecto se acepta.

El C/B= 442.87 es positivo, el proyecto se acepta.

Por todos estos resultados el proyecto es altamente rentable

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

La construcción de piques inclinados que pueden ser de madera o de acero se pueden aplicar en minas de tipo convencional siguiendo procedimientos tanto en minera mecanizada y de manera convencional como es el caso de MACDESA S.A. en todas las circunstancias la roca debe ser competente con baja presencia de agua como es el caso

del yacimiento que es objeto del diseño; así mismo, de, mismo modo se debe considerar la capacidad de carga y la profundización para la extracción (Cuadros, 2018).

Uno de los factores más importantes en la construcción de piques inclinados es el económico y las variantes de diseño que además estos costos se ven influidos por la sección y el tipo de terreno (Chávez, 2011), que son condiciones que se ha considerado en el estudio y diseño. Un aspecto también fundamental son los factores geológicos que requieren estudios previos los que se realizan a través de sondajes y observaciones geológicas de superficie y perfiles geomecánicos (Guerrero, 2012).

Respecto al uso de Skips estos resultan siendo más eficientes ya que permiten un incremento de la producción en comparación con los winches convencionales o los que se fabrican de manera empírica (Fernandez, 2017); el uso de carros mineros elevados por un winche van a garantizar el incremento de la producción en la unidad. Otro de los factores por los que se construyen lo piques inclinados es para reducir los costos operativos más aun cuando disminuyen las reservas se recurre a este tipo de construcciones para la extracción de del minera o desmonte, llevar insumos y equipos que se facilitan por el acceso vertical o por gradientes pronunciadas(Mamani, 2014).

CONCLUSIONES

Para el diseño del pique inclinado, siguiendo la normativa de seguridad D.S.023-2017 el sistema de izaje así como el cálculo de la maquinaria de extracción tendrá una sección de 2.40 x 2.40 m con un ángulo de inclinación de 40° y alcanza una longitud de 200 metros, que permitirá extraer 4.77 toneladas por viaje con tres carros mineros U-35, haciendo un total de 54 000 toneladas al año, con 350 días trabajados. El winche tendrá una potencia de 80 HP que se acompaña de un cable Flattened – Triangular Strand de 22 mm de diámetro, cuya relación es de 48 a 1 entre el diámetro de la tambora y el cable.

En cuanto a la planificación del sistema de extracción se considera ejecutar un crucero de 2.10 x 2.40 m con una longitud de 30 m en el nivel 1760, que permitirá construir la casa del winche, mientras que el pique inclinado descendente tendrá una sección de 2.40 x 2.40 m que partirá del nivel 1760 en la galería 520, así mismo se ha considerado construir estocadas de seguridad cada 25 m con secciones de 1.50 x 1.80 m. mientras que en el nivel 1630 estará ubicada la estación que recepcionará los carros mineros, este será el lugar de carguío que considera una tolva para el mineral y otra para el desmonte, esto con una duración de 5 meses de ejecución. El costo total de la inversión será de 218 028 U\$ dólares americanos permitiendo una alta rentabilidad.

RECOMENDACIONES

Para efectos del diseño del pique inclinado consideramos que se debe estudiar otras alternativas que incluyan una mayor tecnificación debido a la alta rentabilidad del proyecto con la finalidad de incrementar la producción y productividad.

Debido a que las inversiones en el sector minería son de alto riesgo, es necesario realizar un análisis económico más detallado considerando las reservas de mineral, el comportamiento de los precios del oro que permitan darle mayor sostenibilidad a las inversiones y la vida de la mina.

BIBLIOGRAFÍA

- Bieniawski Z.T., (1976). *Rock mass classifications in rock engineering*. Proceedings Symposium on Exploration for Rock Engineering. Balkema, Rotterdam. ed. Z.T. Bieniawski A.A
- Calla, A. D. L. (2013). *Planeamiento y diseño del sistema de extracción del proyecto de profundización de la U.O. San Braulio Uno* (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Catálogo técnico de cables de izaje: *Wire & Rope Strand, A. Noble & Son LTD*
- Chávez, R. M. E. (2011). *Extracción de mineral por izaje en la Mina San Vicente* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Compumet, E. (2006). *Sistemas de izaje en minería subterránea piques y winches*. In: Capacitación para trabajadores mineros Cerro Rico-Base Rey.
- Condori, B. S. J. (2017). *Diseño y planeamiento de minado subterráneo para incrementar la producción diaria de la Unidad Operativa Pallancata-Proyecto Pablo-Compañía Minera Ares SAC* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Crook, A.E. (1959). *Observations on the effects of locomotive haulage on environmental conditions in mines*. Trans. Inst. Mining Engineers.
- Cuadros, S. M. A. (2018). *Estudio técnico económico de la profundización mediante el pique inclinado 370 niveles 4370 al 4270 Veta Juanita-Mina Casapalca* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
- De la Cruz, C. E. (2000). *Seguridad en el manejo y operación de piques*. Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas.

- Fernandez, H. W. (2017). *Implementación del Skip con Guiaderas de madera para la Profundización del Pique Inclinado 90 e Incremento de Extracción de Mineral en Minera La Española* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Guerrero, E. L. (2012). *Levantamiento Mecánico de Cargas*. In: ECOPETROL SA.
- Hartman, H. L., & Britton, S. G. (1992). *SME mining engineering handbook* (Vol. 2): Society for Mining, Metallurgy, and Exploration Denver.
- Hernández, S. R., Fernández, C., Carlos, & Baptista, L. M. d. P. (2014). *Metología de la investigación*. In: McGraw-Hill.
- Llanque, M. O. E. (2008). *Servicios auxiliares mineros*. Puno. Perú . Editorial UNAP.
- Mamani, A. D. (2014). *Consideraciones de diseño para construcción de un pique forma circular: caso Andaychagua Pique Roberto Letts* (informe de suficiencia). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Novitsky, A. (1966) *Transporte y extracción en minas y a cielo abierto*, Buenos Aires, Argentina, Editorial Buenos Aires : s.e.
- Prado, R. N. D. (2015). *Proyecto de profundización del pique vertical 650 álex, del nivel 10 al nivel 16, Unidad Minera Americana De Empresa Minera Casapalca S. A.* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
- Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, *Decreto Supremo 024-2016-EM y su modificatoria Decreto Supremo 023-2017-EM Capítulo VII Art. 300 y Art. 306*
- Sánchez, C. C. S. (2014). *Ingeniería básica del proyecto de transporte de personal y materiales mediante el pique Jimena para mejorar la productividad de las*

operaciones en Cía. Minera Poderosa (tesis de pregrado). Universidad Nacional
de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.

ANEXOS