

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE
HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**

TESIS



**“PROYECTO DE PROFUNDIZACIÓN DEL PIQUE VERTICAL
650 ÁLEX, DEL NIVEL 10 AL NIVEL 16, UNIDAD MINERA
AMERICANA DE EMPRESA MINERA CASAPALCA S. A. -
2013”**

PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS.

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

NINO DANIEL PRADO RAMOS

AYACUCHO – AGOSTO

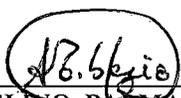
2015

lesis
17755
Pra
Ej. 1

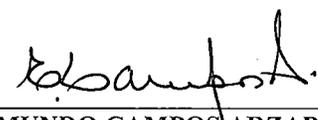
“PROYECTO DE PROFUNDIZACIÓN DEL PIQUE VERTICAL 650 ÁLEX DEL NIVEL 10
AL NIVEL 16 UNIDAD MINERA AMERICANA DE EMPRESA MINERA CASAPALCA
S.A. - 2013”

RECOMENDADO : 23 DE NOVIEMBRE DEL 2015

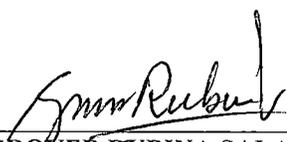
APROBADO : 04 DE DICIEMBRE DEL 2015



Mg. AVELINO PALMA GUTIÉRREZ
(Presidente) (e)



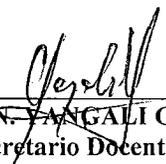
Ing. EDMUNDO CAMPOS ARZAPALO
(Miembro)



Ing. GROVER RUBINA SALAZAR
(Miembro)



Ing. FORTUNATO DE LA CRUZ PALOMINO
(Miembro)



Ing. FLORO N. ANGALI GUERRA
(Secretario Docente)

Según el acuerdo constatado en el Acta, levantada el 04 de diciembre del 2015, en la Sustentación de Tesis presentado por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería de Minas Sr. Nino Daniel PRADO RAMOS, con el Borrador de Tesis Titulado "PROYECTO DE PROFUNDIZACIÓN DEL PIQUE VERTICAL 650 ÁLEX DEL NIVEL 10 AL NIVEL 16 UNIDAD MINERA AMERICANA DE EMPRESA MINERA CASAPALCA S.A. - 2013", fue calificado con la nota de QUINCE (15) por lo que se da la respectiva APROBACIÓN.



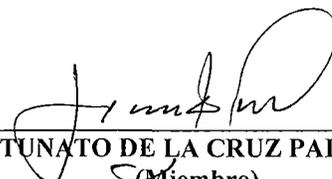
Mg. AVELINO PALMA GUTIÉRREZ
(Presidente) (e)



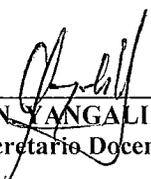
Ing. EDMUNDO CAMPOS ARZAPALO
(Miembro)



Ing. GROVER RUBINA SALAZAR
(Miembro)



Ing. FORTUNATO DE LA CRUZ PALOMINO
(Miembro)



Ing. FLORO N. ANGALI GUERRA
(Secretario Docente)

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación de tesis, se lo dedico a mis Padres: El Sr. Inocencio Prado Ayala, a mi Madre, la Sra. Mercedes Ramos Donayre, a mis Hermanos: Verónica, Giovana, y Abel; por haberme brindado su apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida cotidiana y profesional.

Nino Daniel Prado Ramos

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento al Ing. Juan Bellido Cerda (Gerente de Operaciones de Cía. Minera Casapalca – Unidad Americana), al Ing. Julio César Ramírez Huíman (Gerente General de Los Tallanes Mining Group S.A.C.), al Ing. Antonio Arizábal Pino (Gerente de Operaciones de Los Tallanes Mining Group S.A.C.), al Ing. Rafael Quicaño Suárez (Residente de Los Tallanes Mining Group S.A.C.), a los Jefes de guardia, Supervisores de Primera Línea, Administración, Logística, de igual forma a todos los trabajadores integrantes de Los Tallanes Mining Group S.A.C., por sus desinteresados aportes, quienes hicieron posible el presente trabajo.

Asimismo, mi profundo agradecimiento y reconocimiento a los distinguidos Catedráticos de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería de Minas de la UNSCH, en mi formación profesional y apoyo con sus sabios consejos.

Gracias.

INTRODUCCIÓN

La Empresa Minera Casapalca SA, está ubicada en el distrito de Chicla, Provincia de Huarochirí y departamento de Lima, se dedica a la exploración, explotación y beneficio de mineral polimetálico de Pb, Ag, Cu y Zn; el agotamiento de reservas en los niveles superiores, implica a tener que explorar y explotar nuevas reservas mineralógicas, y ello conlleva a tener que mejorar el álgido problema de la extracción de mineral de los niveles inferiores. La Empresa Minera Casapalca S.A. explota reservas minerales en Vetas y Cuerpos, y la extracción lo realiza mediante: Izaje por Inclinaos, Acarreo por Rampas e Izaje por Piques.

Una de las alternativas de extracción de la zona cuerpo Mery es continuar profundizando el pique vertical Rectangular 650 Álex a partir del nivel 10, hacia niveles inferiores. Por ello, esta obra por encima del nivel 10 ha permitido contar con una capacidad de izaje de 30,000 Tm/mes en la zona de Cuerpo Mery. El Proyecto de Profundización del Pique Rectangular 650, consiste en la construcción de un Pique Vertical de 300 metros desde el nivel 10 hasta el nivel 16, con sección de 5.60 m. x 2.40 m., de tres compartimientos, uno para camino y dos para izaje con: Skip 1 y Skip 2 de 10 Tn. cada uno; además 2 Pockets de almacenamiento de 1000 TN cada uno (uno para desmonte y otro para mineral) y la Cámara de Carguío para izaje por pique.

RESUMEN

El presente trabajo de tesis titulado **“Proyecto de Profundización del Pique Vertical 650 Alex del nivel 10 al nivel 16, Unidad Minera Americana de Empresa Minera Casapalca SA – 2013”** trata de la profundización del pique 650, que debido al agotamiento de reservas minerales en la zona cuerpos Mery de niveles superiores al nivel 10. Se hicieron exploraciones, confirmando el hallazgo de más reservas minerales por debajo del nivel 10, por ello se vio por conveniente continuar con la profundización del pique 650.

En cada capítulo se expresa el marco teórico que sustenta lo concerniente a la profundización y consta de 7 capítulos, que en forma secuencial es la siguiente:

Capítulo I: Contiene los aspectos generales de la Mina Casapalca, referidos a la ubicación y accesibilidad, clima y vegetación, Antecedentes, Recursos, Fisiografía, Objeto del trabajo, Método del trabajo, planteamiento, justificación y Organización de la Empresa.

Capítulo II: Contiene reseña geológica del yacimiento que abarca la geología regional, estructural, local y económica, de manera muy detallada de la mina Casapalca.

Capítulo III: Consta de la evaluación de las condiciones geomecánicas de la columna del pique a profundizar mediante la caracterización del macizo rocoso, distribución de discontinuidades, clasificación, esfuerzos y mapeo geomecánico.

Capítulo IV: Trata de la evaluación, parámetros y selección de los sistemas de extracción de mineral.

Capítulo V: Consta del proceso de profundización del proyecto del pique vertical 650 Alex, su ubicación, diseño de pique y componentes de izaje, su ejecución y sus costos unitarios y totales de construcción, y finalmente.

Capítulo VI: Evaluación económica y financiera en lo concerniente al proyecto de profundización del pique vertical 650 Alex, valor de producción y mineral, vida de la mina, depreciación, costos de operación y producción, inversiones, cronogramas, y control del proyecto mediante el cálculo del VAN y el TIR.

INDICE

Pág.

DEDICATORIA.

AGRADECIMIENTO.

INTRODUCCIÓN.

RESUMEN.

CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES.

1.1 Ubicación y Acceso	9
1.2 Clima y Vegetación.	10
1.3 Antecedentes.	10
1.4 Recursos.	11
1.5 Fisiografía.	12
1.6 Planteamiento del Problema	13
1.7 Formulación del Problema	13
1.7.1 Problema Principal	13
1.7.2 Problema Secundario	13
1.8 Justificación e Importancia	13
1.9 Objeto del Trabajo.	14
1.9.1 Objetivos Generales.	14
1.9.2 Objetivos Específicos.	14
1.7 Método del Trabajo	14
1.10 Organización de la Empresa.	15

CAPÍTULO II. GEOLOGÍA.

2.1 Geología Regional.	17
2.1.1. Estratigrafía.	17
2.2 Geología Estructural.	21
2.3 Geología Local.	21
2.4 Geología Económica.	23
2.4.1. Génesis y Paragénesis.	23
2.4.2. Mineralización.	23

2.4.3. Zoneamiento.	24
2.4.4. Alteraciones.	26
2.4.5. Estructuras Mineralizadas.	27
2.4.6. Cubicación de Reservas.	31
2.4.7. Reservas Minerales.	33

CAPÍTULO III. EVALUACIÓN GEOMECÁNICA.

3.1 Evaluación Geomecánica de la Zona del Pique	37
3.1.1 Mapeo Geomecánico del Pique Vertical	38
3.1.2 Características de la Masa Rocosa	38
3.1.3 Aspectos Litológicos	38
3.1.4 Distribución de Discontinuidades	38
3.1.5 Clasificación de la Masa Rocosa	41
3.1.6 Clasificación del Macizo Rocoso	44
3.1.7 Esfuerzos al rededor del Pique Vertical	46
3.1.7.1 Análisis del Estado Actual del Avance del Pique 650	47
3.1.7.2 Resistencia de la Roca	51
3.2 Resultados de la Evaluación Geomecánica	51
3.2.1 Características del Sostenimiento	53
3.2.2 Vida Útil del Sostenimiento	56

CAPÍTULO IV. EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE EXTRACCIÓN EN PROFUNDIDAD.

4.1. Evaluación de los Sistemas de Extracción.	57
4.1.1. Extracción por Piques Inclinados.	58
4.1.2. Extracción por Rampas.	59
4.1.3. Extracción por Piques Verticales.	61
4.2 Parámetros en la Selección del Sistema de Extracción.	62
4.2.1. Reservas de Mineral.	62
4.2.2. Eficiencia de la Extracción.	64
4.2.3. Costo de la Infraestructura.	65

4.2.4. Tiempo de Ejecución.	65
4.3. Evaluación y Selección del Sistema de Extracción.	65

CAPÍTULO V. PROYECTO DE PROFUNDIZACIÓN DEL PIQUE VERTICAL

650 ÁLEX DEL NIVEL 10 AL NIVEL 16.

5.1. Ubicación.	67
5.2. Diseño del Pique Vertical.	68
5.2.1. Sección y Longitud.	68
5.3. Diseño de los Componentes de Izaje del Pique.	68
5.3.1. Capacidad del Skip.	68
5.3.2. Diseño de los Componentes de Izaje.	69
5.3.2.1 Estimación del Factor de Seguridad.	69
5.3.2.2 Peso del Cable (Pc)	69
5.3.3 Velocidad de Izaje.	71
5.3.4 Diseño del Winche y Polea	71
5.3.4.1 Cálculo para el Winche - Diámetro del Tambor (D)	71
5.3.4.6 Cálculo de Velocidad del Skip	73
5.3.4.13 Cálculo de la Capacidad del Skip	75
5.3.4.20 Cálculo de Momentos	77
5.3.4.23 Peso de Tambor.	80
5.3.4.24 Peso de los Engranajes.	80
5.3.4.25 Peso de Polea.	80
5.3.5 Cálculo del Ángulo Flett o de Variación	80
5.3.6 Diseño de Motor.	81
5.4. Ejecución de la Profundización del Pique Vertical.	85
5.4.1. Excavación del Pique.	85
5.4.1.1. Perforación y Voladura.	86
5.4.1.2. Limpieza.	88
5.4.1.3. Sostenimiento.	91
5.4.1.4. Ventilación.	92
5.4.1.5. Bombeo.	93

5.4.1.6 Enmaderado	93
5.4.2. Mampostería del Pique 650	94
5.5. Ejecución de Pockets, Winze y Cámara Chancadora.	96
5.5.1 Construcción de Ore Pass y Waste Pass.	96
5.5.2 Construcción de Chimeneas Auxiliares para Extracción (Winze).	97
5.5.3 Ensanche de Cámara para Equipamiento de Chancadora y Faja Transportadora.	98
5.6 Costos Unitarios de Construcción.	98
5.8 Costos Totales de Construcción.	105

CAPÍTULO VI. EVALUACIÓN ECONÓMICA - FINANCIERA:

6.1. Valor del Mineral.	106
6.2. Valor de la Producción.	106
6.3. Vida de la Mina.	107
6.4. Costo de Operación y Producción.	107
6.5. Inversiones.	108
6.5.1 Cronograma de Inversiones.	108
6.6. Estados Financieros.	108
6.7. Evaluación Económica Financiera del Proyecto.	109
6.7.1. Costo de Oportunidad (COK).	109
6.7.2. Valor Actual (VAN).	109
6.7.3. Tasa Interna de Retorno (TIR).	110
6.8. Periodo de Retorno	113
6.9. Resultados de la Evaluación Económica - Financiera.	114

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Ubicación y Acceso.

Políticamente las operaciones de la compañía Minera Casapalca S.A. se ubican en el distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

Geográficamente se localiza en la zona central, flanco Oeste de la Cordillera Occidental de los Andes a una altura promedio de 4,400 m.s.n.m, entre las coordenadas geográficas:

- 11° 30 Latitud Sur
- 76° 10 Longitud Oeste

Encontrándose el campamento Casapalca a los 4400 m.s.n.m. en las coordenadas UTM:

- 8710455.60 N.
- 366761.70 E.

Su accesibilidad es mediante carretera asfaltada siguiendo la ruta Lima – Casapalca con una distancia aproximada de 117 Km; donde se encuentra la Empresa Minera Yauliyacu S.A; de donde se continúa por una carretera

afirmada de 05 Km. Que sube por la quebrada Carmen hacia el S.E. y que conduce a la Cía. Minera Casapalca, con un tiempo recorrido total de 03 horas.
(Ver Anexo N° 01 - Plano N° 01).

1.2. Clima y Vegetación.

En la zona minera se aprecian dos estaciones bien definidas:

La temporada de lluvias comprendida entre los meses de Diciembre a Marzo, caracterizada por fuertes precipitaciones y presencia de nieve con una temperatura de 10°C y disminuyendo esta hasta 0°C. Con una precipitación anual de 700 mm.

La temporada seca el resto del año caracterizado por un clima seco casi en su totalidad. La altitud y sequedad de la atmósfera determinan un alto grado de evaporación, que es relativamente alta, la dirección predominante del viento, especialmente de los vientos fuertes, es desde el Oeste a Este alcanzando velocidades de 30 Km/hra.

Las especies presentes en cada uno de los ecosistemas le dan la apariencia característica: pajonales con gramíneas en manojos que dominan sobre el resto de especies acompañantes, **matorrales** con vegetación de porte bajo y mediano como mutuy (*cassia hookeriana*), *Chillca* (*Baccharis* sp) y algunas plantas medicinales, **pedregales** con presencia de "pajas", ortigas y *margiricarpus* creciendo sobre las piedras.

1.3. Antecedentes.

En el año 1,961 La Compañía Minera Cerro de Pasco Corporation adquirió los derechos mineros de la mina Casapalca, explotando sus recursos minerales hasta 1,968 con una producción de 2,500 TM/mes.

En 1,969 el estado Peruano crea la empresa estatal **Centromin Perú** y adquiere todas las propiedades de la compañía Cerro de Pasco Corporation incluyendo la mina Casapalca e inicia una nueva modalidad de trabajo.

En 1,987 la empresa Centromin Perú cierra operaciones y vende los derechos a la Compañía Minera Casapalca S.A., empresa privada que inicia sus operaciones con una producción de 2,500 TM/mes y continua trabajando con un aumento constante de la producción hasta llegar a una producción de 45,000 TM/mes en el año 2004.

A partir del año 2,005 la Compañía Minera Casapalca inicia un nuevo Programa de ampliación de sus operaciones, mecanizando la zona de cuerpos con equipo Trackles, construcción del Pique Patty en la zona de esperanza, Profundizando el Pique Soledad y Pique 790 en la zona de oroya, renovando el equipo de acarreo y mejorando la productividad de la mina hasta alcanzar una producción record de 100,000 Tm/mes en el año 2007.

Con la construcción del Pique 650 Alex desde el nivel 1 hasta el nivel 10, se amplió la producción y para continuar con dicha extracción de mineral de niveles inferiores se continuó profundizando el Pique en el año 2013, y así se realice el izaje desde el nivel 10 abastecido desde el mismo nivel y niveles inferiores de explotación, actualmente la Empresa Minera Casapalca, Unidad Americana, viene produciendo 150, 000 TM/mes.

1.4. Recursos.

Los recursos con que cuenta la localidad de Casapalca son:

Recurso Suelo: Cuenta con suelos netamente agrícolas a secano y con riego, con frecuencia se encuentran las siguientes especies forestales entre exóticas y nativas que constituyen pequeños bosques de tipo natural, como: mutuy (cassia hookeriana), chilca (baccharis sp), especies exóticas en porcentaje como: eucaliptos (eucaliptus glóbulos), ciprés (cupresuss macro carpa).

Dichas plantas de especies forestales son destinadas para diversas actividades de uso familiar y comunal, especialmente en la construcción de viviendas (techos, vigas, puertas), también como combustible leña en su mayoría.

Recurso Pastos Naturales: Corresponde aproximadamente 80 % de pastos naturales para la crianza de animales; tales como ovinos, vacunos, camélidos (llamas, alpacas), los pastos naturales que predominan en la zona son: Soqlla (bromus cataharticus), ichu (stipa ichu).

Recurso Hídrico: La localidad de Casapalca, por su ubicación a orillas del río Rímac, y a faldas de la cordillera de los andes, cuenta con el recurso hídrico suficiente para su consumo e industria minera.

Recurso Mineral: El Recurso Mineral es la principal fuente de desarrollo en la zona, teniendo como principal objetivo la extracción de minerales poli-metálicos (Cu, Pb, Zn y Ag) imponente en todo el asiento minero central de la Cía. Minera Yauliyacu S.A. y Cía. Minera Casapalca S.A. respectivamente.

Recursos Humanos: En la zona se cuenta con abundante mano de obra tanto calificada como no calificada, debido a que en esta zona la actividad minera se viene desarrollando cerca de 100 años por lo que el personal tiene mucha experiencia minera.

1.5. Fisiografía.

La mina se encuentra situada en el cinturón volcánico de la cordillera occidental andina, muestra un relieve relativamente empinada, cuyas pendientes evidencian profunda erosión. Es evidente que el relieve ha sido modelado por acción glaciaria mostrándose en cotas más elevadas la presencia de nieve perpetua.

El afluente principal de la zona, es representado por el río Rímac surca de Este a Oeste drenando dendríticamente hacia el Océano Pacífico.

1.6. Planteamiento del Problema.

La extracción de mineral en la Unidad Minera Americana, debe continuar ya que la mineralización profundiza desde el nivel 10 hasta niveles inferiores y por ende los recursos mineralógicos, es así que para la extracción de mineral el único sistema económico seguro y de alto rendimiento es mediante el pique vertical 650 Álex.

1.7 Formulación del Problema:

1.7.1 Problema Principal.

La profundización del pique vertical 650 Álex del nivel 10 al nivel 16 Unidad Minera Americana de la Empresa Minera Casapalca S. A.

1.7.2 Problemas Secundarios.

- Profundizar seis niveles, desde el nivel 10 hasta el nivel 16
- Instalación de Maderamen en el Pique desde el nivel 10 hasta el nivel 16.
- Implementar las estaciones de nivel.
- Implementar la cámara de carguío, pockets y el Spill Pocket.
- Sostenimiento de seis niveles e instalación de servicios.

1.8 Justificación e Importancia.

Las reservas de mineral desde el nivel 07 hasta el nivel 10 se están agotando, teniendo recursos mineralógicos por debajo del nivel 10 se prepararán nuevas zonas de exploración y explotación; producción que será izado a través del pique vertical 650 Alex.

1.9 Objeto del Trabajo.

1.9.1 Objetivos Generales.

1. Continuar con el sistema de extracción por Pique en la zona Cuerpo Mery.
2. Profundización del Pique Vertical 650 Álex.

1.9.2 Objetivos Específicos.

1. Continuar la productividad y la eficiencia de extracción.
2. Disminuir los costos de operación mina.
3. Optar el título profesional de Ingeniero de Minas.

1.10 Método de Trabajo.

En el desarrollo del presente trabajo de investigación, se ha realizado dos etapas importantes las cuales son:

A. Recopilación de Información Básica:

Consistente en la recopilación de datos relacionados a la operación de minado, datos geológicos, geomecánicos y topográficos.

B. Trabajos de Gabinete:

Consistió en el desarrollo y evaluación de estos datos para elaboración de la tesis.

C. Universo:

CIA Minera Casapalca

D. Población:

UEA Americana

E. Muestra:

Zona cuerpo Mery

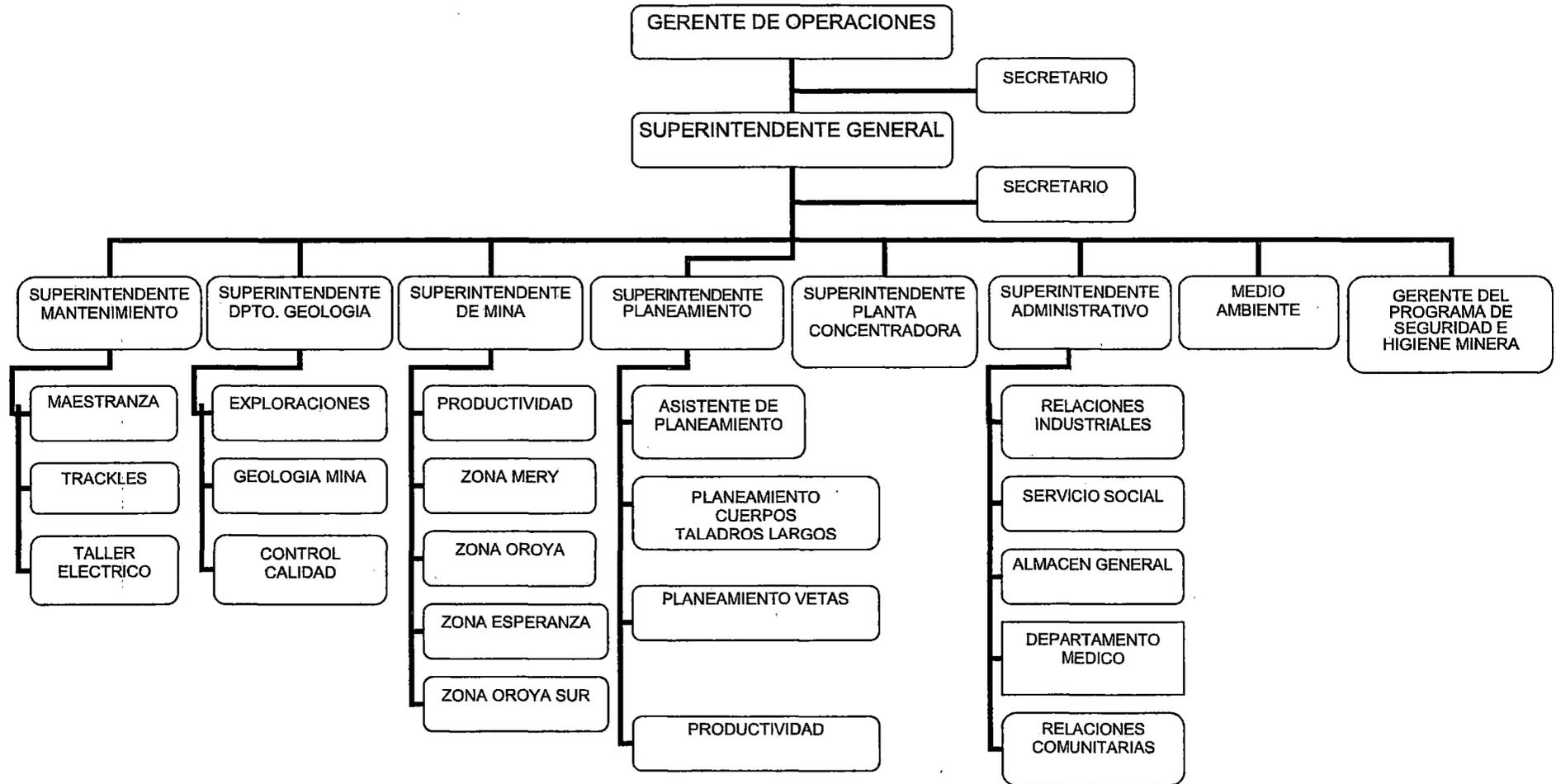
1.11. Organización de la Empresa.

La compañía minera Casapalca S. A., está organizado conforme a los lineamientos de una sociedad anónima, donde las jerarquías y responsabilidades están claramente definidas y la disciplina mantenida, conforme se puede apreciar en el organigrama mostrado. Para los trabajos de minado, se ha organizado teniendo como base la organización general y la modalidad de ejecución de los trabajos por compañía y contrata.

Las labores de minado, lo realizan personal de compañía como de contratas según su requerimiento y especialidad.

En cuanto a la planificación, diseño, controles técnicos y administrativos, la compañía asume esas responsabilidades para el desarrollo de la operación.

Gráfico N° 1.1: Organigrama de Operaciones en Compañía Minera Casapalca S. A.



BIBLIOTECA E INFORMACION
 CULTURAL
 M.S.C.M.

Fuente: Bienestar Social CIA Casapalca

CAPÍTULO II

GEOLOGÍA

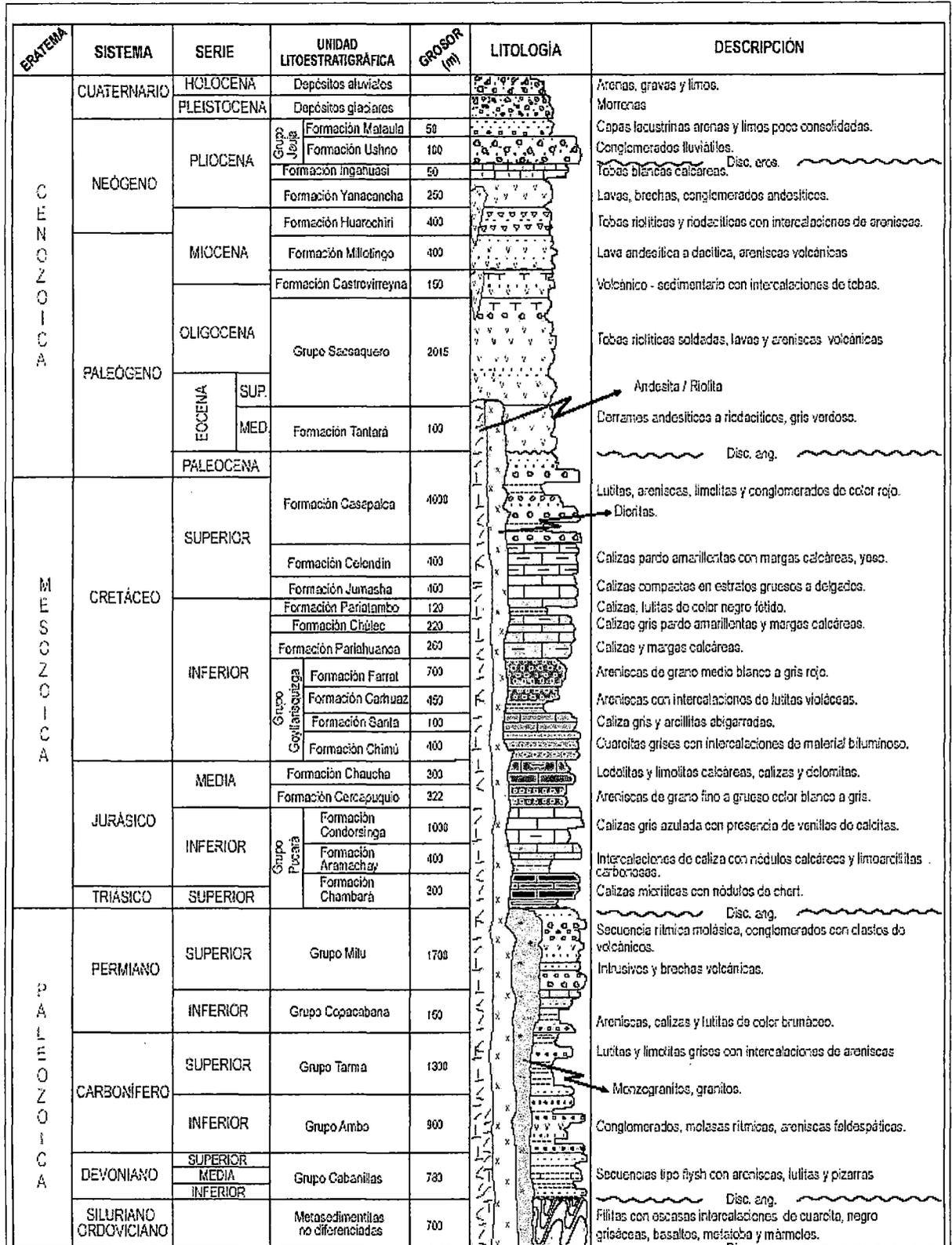
2.1. Geología Regional.

La mina Casapalca se encuentra situada en el cinturón volcánico de la cordillera occidental andina, cuyo relieve presenta fuertes pendientes y erosión profunda, modelado por la acción glacial y presencia de nieve perpetua en las cotas más elevadas.

2.1.1. Estratigrafía.

La Columna estratigráfica de la región está conformada principalmente por areniscas, lutitas calcáreas, calizas, brechas, rocas volcánicas, tufos y lavas, las cuales alcanzan un espesor aproximado de 5,400 m.

Gráfico 2.1: Columna Estratigráfica



Fuente: Area de Geología CIA Casapalca

2.1.2. Rocas Ígneas.

Las rocas ígneas, provienen de los magmas, que se pueden definir como la materia rocosa fundida, los magmas expulsados por los aparatos volcánicos (lavas) se encuentran compuestos por una compleja fase líquida silicatada que en muchos casos predominan.

A). Características de las Rocas Ígneas Plutónicas (Intrusivas).

Son rocas ígneas cuya composición mineralógica indica que la cristalización se ha realizado en condiciones de enfriamiento lento a profundidad no inferior a varios centenares de metros hasta los 20 km. Las masas de rocas plutónicas varían enormemente en forma y en extensión, los más pequeños son diques y venas de algunos centímetros de ancho, los mayores afloran en forma continua en extensiones que se miden en centenares de km.

B). Características de las Rocas Volcánicas (Extrusivas).

Son rocas ígneas cuya composición mineralógica indica que la cristalización se ha realizado en condiciones de enfriamiento de grado medio ocurrido en la superficie terrestre. Varían en espesor desde unos cuantos centímetros a varias decenas de metros y rara vez superan en longitud el centenar de km.

2.1.2.1. Formación Casapalca.

Aflora en el sector norte y sur del campamento Carmen, constituye la formación más antigua que aflora en el área y forma el amplio anticlinal Casapalca que es cortado por el río Rímac.

Esta formación está compuesta por una serie de rocas sedimentarias de ambiente continental y se divide en dos miembros:

a) Miembro Capas Rojas

Se caracteriza por presentar intercalaciones de lutitas y arenisca calcáreas con coloraciones rojizas debido a las diseminaciones de hematita.

b) Miembro Carmen

Sobre yaciendo a las capas rojas se encuentra una serie de paquetes de conglomerados y calizas intercaladas con capas de areniscas, lutitas, tufos y aglomerados volcánicos con una potencia que varía de 80 a 200 m.

2.1.2.2. Formación Carlos Francisco.

Aflora en el sector este del campamento Carmen, compuesta por rocas volcánicas que supra yacen discordantemente a la formación Casapalca. Esta formación ha sido dividida en:

a) Volcánicos Tablachaca.

Se caracteriza por presentar rocas volcánicas porfiríticas de color gris-rojizas del tipo andesítico.

b) Volcánicos Carlos Francisco.

Se caracteriza por presentar rocas volcánicas afaníticas tipo andesítico, de color gris principalmente.

c) Tufos Yauliyacu.

Son tufos volcánicos de color rojizo intenso los cuales supra yacen al miembro Carlos Francisco.

2.1.2.3. Formación Bellavista.

Unidad Estratigráfica que aflora al S y SE del campamento Carmen, la cual se caracteriza por presentar rocas calcáreas (calizas, margas) de color gris a negro, las cuales supra yacen discordantemente a la formación Carlos Francisco.

2.1.2.4. Depósitos Cuaternarios.

En la región Casapalca existen una serie de depósitos glaciares y conos de escombros de formación reciente. Estos son:

a) Pleistoceno:

Debajo de los depósitos glaciares recientes existen potentes series de morrenas terminales a elevaciones aproximadas de 4300 a 4500 m.s.n.m.

b) Reciente:

Formado por materiales inconsolidados de clastos angulosos de diversos tamaños, que forman conos y taludes.

2.2. Geología Estructural.

2.2.1. Anticlinales – Sinclinales.

Los más importantes, son el gran sinclinal Pumatará - Aguascocha, el anticlinal Casapalca y el anticlinal de Antupuquio, todos con una dirección NW-SE.

Este conjunto de plegamientos controlan todo el fallamiento y fracturamiento transversal al eje del sinclinal, que es la principal estructura, debido a que la mineralización se realizó en estas estructuras.

2.2.2. Fallas y Fracturas.

Las estructuras más importantes en el distrito minero de Casapalca, son las fallas perpendiculares al eje del sinclinal Pumatará - Aguascocha, las cuales tienen dirección N-S y se encuentran rellenadas por soluciones hidrotermales.

2.3. Geología Local.

En la zona de Casapalca se presentan las unidades morfológicas siguientes:

Piso Valle.

Se encuentra ubicado a través de toda la quebrada Carmen, el cual se emplaza entre los 4,100 y 4,500 m.s.n.m. con pendientes moderadas de 25° - 30° y una longitud de 02 Km. Hasta su confluencia con el valle del río Rímac. El piso valle se caracteriza por estar compuesto de materiales coluviales y morrénicos.

a) Montañas del Norte y Sur.

Se encuentran al norte y al sur de la quebrada Carmen, se caracterizan por presentar fuertes pendientes entre los 4,200 y 4,700 m.s.n.m. compuestas por materiales sedimentarios en las zonas bajas y volcánicas en las zonas altas.

b) Circo Glaciar.

Se encuentra emplazada al este del campamento Carmen, entre los 4,600 y 4,700 m.s.n.m. con una pendiente moderada a llana, en el cual se emplaza una laguna glaciar, con un piso compuesto por materiales morrénicos.

c) Montañas del Este.

Se encuentra emplazada al este del campamento Carmen, formada por pendientes abruptas y accidentadas entre los 4,600 y 5,200, compuestas por rocas sedimentarias y volcánicas.

d) Drenaje.

La quebrada Carmen constituye el drenaje principal de la zona, la cual surca de norte a sur hasta desembocar al afluente principal representado por el río Rímac.

2.4. Geología Económica.

2.4.1. Génesis y Paragénesis.

La mina Casapalca es un yacimiento poli metálico del tipo "cordillerano" con minerales, cuya génesis es a partir de los fluidos hidrotermales que traen los iones metálicos y rellenaron las fracturas con sulfuros y sulfosales Ag, Pb, Zn y Cu, dando lugar a vetas y cuerpos mineralizados.

2.4.2. Mineralización.

En la zona de las vetas, la mina Casapalca es productora de plata (tetrahedrita, freibergita), de plomo (galena), zinc (esfalerita), y cantidades menores de cobre (calcopirita), los cuales son los minerales de mena de mayor abundancia. Los minerales de ganga están representados principalmente por pirita, calcita, rodocrosita y cuarzo.

En la zona de la mina de la Cía. Casapalca los recursos se pueden dimensionar en forma preliminar y puedo adelantar lo siguiente: las cuatro estructuras mayores bajaran por lo menos 2,000 m. hasta los 3,500 m.s.n.m. pues estas vetas afloran en forma discontinua con extensiones irregulares la que se puede resumir en una extensión total de las cuatro vetas en 13 Km, considerando un ancho promedio de veta de 1.1 m. el P.e. 2.9, la altura referencial 2000 metros, al producto T. M. le castigó con el 70% como margen de seguridad se tiene 25,000.000 TM de recursos. El margen de seguridad compensara una serie de irregularidades de las vetas así como la ocurrencia o no los ore shoots, partes estériles, arrastres de fallas, etc.

En la zona de cuerpos, la mina Casapalca es productora principal de zinc (Marmita y Esfalerita) y en menor cantidad plata (tetraedrita), plomo (galena) y cobre (calcopirita). Los minerales de ganga están representados principalmente por pirita, calcita y cuarzo.

2.4.3. Zoneamiento.

El zoneamiento más definido es en dirección horizontal, en la vertical está relacionado a la presencia de argentita, pirargirita y otras sulfosales acompañadas de pirita y cuarzo en los niveles superiores de la mina.

De acuerdo a estudios realizados por H. E. Mackinstry, J. A. Noble y otros, basados en cambios mineralógicos relacionados a las temperaturas de formación de los minerales y en la extensión e intensidad de la alteración de las rocas encajonantes, determinaron tres zonas, cuyas características son las siguientes:

a) El mineral consiste de abundante esfalerita con poca galena y tenantita (As_4S_{13} (Cu, Fe, Zn, Ag)₁₂, calcopirita (S_2CuFe) es común, la pirita está presente en cristales cúbicos, huebnerita (WO_4Mn) y arsenopirita (SFeAs) se encuentran ocasionalmente.

b) Los minerales de ganga son: cuarzo y calcita. La calcita pura ocurre en los extremos de la zona.

c) Las rocas de la formación Casapalca están fuertemente silicificadas, además presentan disseminaciones de pirita cúbica y nódulos de epidota. La zona de alteración se extiende aproximadamente 400 m. de las vetas.

2.4.4. Alteraciones.

Alteración Hidrotermal, la alteración de las rocas encajonantes muestra una estrecha relación con la distribución zonal de los minerales. La roca está intensamente silicificada y piritizada hasta una distancia de 400 m. fuera de las vetas, luego la alteración decrece hasta aproximadamente 30 m. y en algunas zonas es solamente de algunos centímetros.

Desde el punto de vista general, la alteración de la roca encajonante sigue una secuencia normal, que va de la propilitización a cierta distancia de las vetas a la piritización, sericitización y silicificación cerca de ellas.

Las rocas volcánicas extrusivas, en las zonas de mayor alteración (cerca de la veta), son de color gris claro conformada por cuarzo, pirita y feldespatos alterados a sericita, no siendo estos distinguibles macroscópicamente. A mayor distancia de la veta, la epidotización es común y los cristales de feldespatos son visibles. Los ferromagnesianos son alterados a clorita y epidota con presencia de pirita.

Las capas rojas y los conglomerados en la zona central de la mina, están intensamente alteradas, extendiéndose la silicificación y piritización por varias docenas de metros. La pirita se presenta en cristales cúbicos y en delgadas vetillas hacia el sur, en la sección aguas calientes, la alteración es menos intensa. La roca se presenta blanqueada hasta unos 10 a 15 m. en las proximidades de las vetas, la silicificación no es muy intensa. En las zonas de alteración moderada la roca está epidotizada.

2.4.5. Estructuras Mineralizadas.

a) Vetas:

En la zona se presentan varias vetas casi paralelas, siendo las principales:

1. Veta Esperanza.

La veta aflora en forma continua en unos 520 m. de longitud continuando al SW en fractura y cobertura aluvial y hacia el NE bajo cobertura coluvial y aluvial. Las características de esta veta son:

Tipo = Filoneano, Cimoidal.

Visible = 520 m.

Potencia = 0.10 – 1.50 m.

Rumbo = N 45° - 70° E.

Buzamiento = 65° - 88° NW.

Mineralización = Galena, Blenda, Cuarzo, Óxidos de manganeso.

Alteración = Argílica, acción de pirita.

En el sector central del afloramiento presenta un lazo cimoidal de unos 230 m. de longitud con un ramal principal al piso, uno al centro y otro al techo, estos últimos entrelazados, destacando como estructura y por su potencia el ramal entrelazado que nace en el ramal centro y continúa en el techo en una longitud de afloramiento visible de unos 100 m. y potencia de 0.50 – 1.50 m. con abundante cuarzo y óxidos de manganeso. Destaca también un área de unos 40 x 30 m. con diseminación y vetillas con pirita y limonitas, ubicado en la base del ramal cimoidal piso o veta principal.

2. Veta Oroya.

Tiene una extensión de 1,300 m. desde el extremo oeste hasta el punto de inflexión (coordenada N 879650, E 368250), aquí se inician dos ramales: Ramal Nor – Este que corresponde a la veta Oroya 1, veta Oroya Este, la cual alcanza una extensión de 1,400 m. Ramal Sur – Oeste, que corresponde a la veta Oroya principal Americana,

prolongación Eloida, alcanza una extensión de 1,500 m. Además la veta Oroya principal presenta un gran lazo cimoide que da origen a dos ramales veta Oroya Piso y veta Oroya Techo respectivamente. Igualmente el punto de inflexión de las vetas se encuentra muy cerca de la falla Eloida que complica el aspecto estructural de las vetas.

3. Veta Don Reinaldo.

Es una estructura que alcanza aproximadamente los 3,200 m. con un afloramiento definido de 500 m. en el sector Sur – Oeste y con 150 m. en el sector Nor – Este en la zona de Antachacra, gran parte de la veta está cubierto con material morrénico coluvial, en algunos casos la fractura es angosta especialmente en las zonas altas, sobre los 5,000 m. de altura en el cual es difícil esperar mineralización ni estructuras anchas.

La veta en su prolongación al Sur – Oeste (hacia la laguna Putca), se cubre rápidamente con material morrénico y escombreras, pero las características fisiográficas del terreno donde se ve una escarpa del terreno. Esto correspondería a la continuación de la veta. Hacia el Sur – Oeste esta puede alcanzar otros 400 m. Hacia el Este de la zona de Antachacra la traza de la veta parece continuar otros 900 m.

4. Veta Juanita.

En el extremo sur del distrito minero de Casapalca, se presenta la veta juanita, cuya extensión alcanza los 2,000 m. además tiene un ramal de 900 m. de extensión, conocida como la veta victoria. Hacia el oeste de la B.M. del nivel 4,500, la veta juanita aflora en forma discontinua, otros 450 m. hasta las coordenadas N 8'705,400; E 374,300, por consiguiente la veta juanita en forma independiente alcanza los 2,400 m.

b) Cuerpos:

Los principales cuerpos son:

1. Cuerpo Mery.

Ubicado en el Miembro Capas Rojas, entre la veta Mariana techo y Esperanza, presenta irregular diseminación de sulfuros en areniscas epidotizadas y piritizadas con Rumbo N12°-25°W, en niveles altos está asociado a la veta O, O4, Y Q, este cuerpo se ha trabajado en 230 m. de altura con áreas considerables y muy variables.

2. Cuerpo Anita.

Este cuerpo está emplazado inmediatamente al Norte del Cuerpo Mery también epidotizadas y piritizadas del Miembro Capas Rojas en varios niveles se nota que forma un solo cuerpo con el Cuerpo Mery.

3. Cuerpo Emilia.- Está ubicado en Miembro de Capas Rojas, al piso de la veta Esperanza, presenta forma irregular la diseminación de sulfuros en arenisca piritizadas y cloritizadas. Este cuerpo está asociado a la veta Esperanza, este cuerpo está al piso de la veta.

4. Cuerpo Esperanza.

Cuerpo con diseminación de sulfuros concordantes con la estratificación de arenisca del Miembro Capas Rojas, con Rumbo N0°-20°W, Buzamiento 60°-70°SW, está emplazado inmediatamente al techo de la veta Esperanza, presenta área mineralizada de hasta 80 m. de longitud y 45 m de ancho, reconocida en altura de 300 m. La mineralización está compuesta principalmente por Esfalerita, en pequeña proporción calcopirita, pirita y galena asociados a franjas de epidota y areniscas calcitizada.

5. Cuerpo Esperanza Piso.

Similar al Cuerpo Esperanza es un depósito de sulfuros diseminados concordantes con la estratificación de arenisca epidotizada y piritizada del Miembro Capas Rojas, presenta Rumbo general N5°W, Buzamiento

68°SW está emplazada al piso de la veta Esperanza; en el tajo 25 del nivel 10 presenta 28 m. de longitud y ancho hasta 12 m.

6. Cuerpo Micaela.

Emplazado en el Miembro Capas Rojas, su mineralización consiste de diseminación y parches de esfalerita, calcopirita, tetraedrita y pirita: también como relleno de fracturas con Rumbo N60°-75°W, Buzamiento 75°-80°SW con relleno de cuarzo, carbonatos, esfalerita, pirita, calcopirita, tetraedrita.

7. Cuerpo Emilia.

Ubicado en arenisca del miembro Capas Rojas, al piso en la veta esperanza, presenta forma irregular la diseminación de sulfuros en arenisca, piritizadas y cloritizadas. Este cuerpo está asociado a la veta Esperanza, el cuerpo Emilia está al piso de la veta.

8. Cuerpo Sofía.

Depósito de sulfuros diseminados en arenisca del techo de las capas rojas, como control estratigráfico, está al piso del conglomerado base del miembro El Carmen, y al piso del cuerpo se tiene arenisca de grano fino del miembro Capas Rojas. El rumbo del paquete de arenisca del cuerpo Sofía es N00° - 23°W, su longitud llega hasta 95 m y su ancho hasta 20 m, se ha reconocido una altura de 170 m.

9. Cuerpo Sorpresa.

ubicado en la base del miembro El Carmen; es un depósito de sulfuros diseminados concordante con horizonte de conglomerado calcitizado, epidotizado y piritizado, con rumbo N00° - 23°W, longitud de hasta 60 m, potencia hasta de 7 m y altura reconocida hasta de 200 m.

10. Cuerpo Negrita.

Es un depósito por relleno de cavidades y reemplazamiento, la estructura que se ha rellenado presenta rumbo paralelo a la estratificación, con minerales masivos de esfalerita, calcopirita, pirita,

galena y eventualmente tetraedrita, se ha reconocido 2 m de ancho, de 50 m de longitud y hasta de 150 m de altura.

11. Cuerpo Vivian.

Emplazado en el miembro El Carmen, depósito de sulfuros diseminados concordantes con horizonte de conglomerado epidotizado, piritizado y calcitado, con rumbo N00° - 25°W, reconocido hasta 110 m de longitud, potencia hasta de 3 m y hasta de 200 m de altura.

12. Cuerpo Patty.

Emplazado en el miembro El Carmen, con sulfuros diseminados concordantes con la estratificación que presenta rumbo N00° - 40°W, reconocido hasta de 3 m de potencia, 100 m de longitud y 50 m de altura.

13. Cuerpo Carmen.

Emplazado en el miembro El Carmen, cuerpo con diseminación de sulfuros concordante con la estratificación de areniscas y conglomerados, su mineralización está compuesta por esfalerita y calcopirita, en menor proporción tetraedrita y galena como minerales de mena, los minerales de ganga son pirita, cuarzo y carbonatos; el rumbo de las bandas mineralizadas y epidotizadas es de N07° - 30°W con buzamiento de 73° - 85°E, reconocidas hasta de 15 m de potencia, 100 m de longitud y 100 m de altura.

14. Cuerpo Escondida.

Cuerpo mineralizado con sulfuros diseminados en horizonte de conglomerados de la secuencia intermedia del miembro El Carmen, su mineralogía está constituida por esfalerita, calcopirita, tetraedrita, galena, pirita, cuarzo y carbonatos; el rumbo es de N26° - 30°W.

2.4.6. Cubicación de Reservas.

2.4.6.1. Análisis de la Cubicación.

Las reservas de minerales cubicadas al 31 de diciembre del 2,014 en vetas y cuerpos ascienden a 4'980,472 T.M.S., tonelaje menor en 630,998 T.M.S. con relación a lo cubicado el 31 de diciembre del 2,013 (5'611,470 T.M.S.), que sumado al mineral producido al 31 de diciembre del 2014 (1'780,490

TMS) da una ganancia real de 1'180,490 T.M.S.; y al dividir este resultado entre el avance total realizado en exploraciones y desarrollos (13,073.41 m.); el ratio obtenido es de 88 T.M.S/m.

Las reservas han disminuido -11% con relación al volumen del año anterior; por que los avances en exploraciones en y desarrollos (13,073.41 m.) ha cumplido solamente el 60% del programado (21,845m.), otras causas para el merma de reservas es el bajo ratio de cubicación obtenido en la zona de Cuerpo Mery, perdidas de reservas y nulo ratio de cubicación en las zonas de Cuerpos Carlos y Velito.

2.4.6.2. Cuadro de Análisis de la Cubicación.

1. Del Total (T.M.S.):

Cuadro N° 2.1

	T.M.S.
Reservas al 31 – 12 – 2014	4'980,472
Reservas al 31 – 12 – 2013	5'611,470
Diferencia	-630,998
Producción al 31 – 12 – 2014	1'774928.22
Ganancia Neta	1'143,930.22

Fuente: Área de Planeamiento CIA Casapalca

2. De las Reservas Minables y Accesibles (T.M.S.):

Cuadro N° 2.2

Vetas	T.M.S.	Cuerpos	T.M.S.
Reservas al 31-12-14	2'252,060	Reservas al 31-12-14	2'728,412
Reservas al 31-12-13	2'113,200	Reservas al 31-12-13	3'498,270
Diferencia	138,860	Diferencia	-769,858
Producción al 31-12-14	282,214	Producción al 31-12-14	1'492,714
Ganancia Neta	421,074	Ganancia Neta	722,856

Fuente: Área de Planeamiento CIA Casapalca

3. Del Ratio:

Cuadro N° 2.3

Ganancia de Reservas	1'143,930.00	T.M.S.
Exploraciones y Desarrollos	13,073.41	m.
Ratio de Cubicación	88	T.M.S./m.

Fuente: Área de Planeamiento CIA Casapalca

2.4.7. Reservas Minerales.

Las reservas de mineral en vetas se incrementó en un 6.6%, debido a los buenos resultados en las exploraciones y desarrollos de las Vetas Oroya, Esperanza, Esperanza Piso.

En la zona de cuerpos, las reservas de mineral disminuyó en 11.3 % con relación a la estimación del año anterior; ya que los cuerpos Mery, Carlos y Velito han disminuido sustancialmente sus reservas.

2.4.7.1. Inventario de Minerales.

Cuadro N° 2.4

YACIMIENTO	T.M.S	A.V./C. (m)	A.M. (m)	Ag Oz/TC	Pb %	Cu %	Zn %	Valor US\$/TMS	Equiv. Oz/TC
VETAS	2'252,060	1.78	1.96	6.22	1.73	0.35	2.32	58.60	10.80
CUERPOS	2'728,412	8.17	8.27	0.82	0.26	0.29	2.35	20.84	4.24
TOTAL	4'980,472	5.19	5.33	3.27	0.93	0.34	2.28	37.96	7.22

Fuente: Área de Planeamiento CIA Casapalca

Cuadro N° 2.5

(CERTEZA)	T.M.S	A.V./C. (m)	A.M. (m)	Ag Oz/TC	Pb %	Cu %	Zn %	Valor US\$/TMS	Equiv. Oz/TC
PROBADO	3'873,265	4.62	4.75	3.12	0.88	0.34	2.27	36.89	7.03
PROBABLE	1'107,207	7.22	7.36	3.80	1.09	0.33	2.29	41.70	7.86

Fuente: Área de Planeamiento CIA Casapalca

Por lo tanto las reservas estimadas al 31 de diciembre del 2,014 es de:

Cuadro N° 2.6

T.M.S.	A.V./C. (m)	A.M. (m)	Ag Oz/TC	Pb %	Cu %	Zn %	Valor US\$/TMS	Equiv. Oz/TC
4'980,472	5.19	5.33	3.27	0.93	0.34	2.28	37.96	7.22

Fuente: Área de Planeamiento CIA Casapalca

2.4.7.2. Balance Histórico de Reservas/Avances.

Cuadro N° 2.7

AÑO AL 31 DIC.	RESERVAS T.M.S.	PRODUC. T.M.S.	GANANCIA T.M.S.	EXPLOR. + DESARR. (m)	RATI O
1,986	117,147	1,986.00	-----	-----	---
1,987	167,308	13,794.00	63,955.00	759.00	84
1,988	163,276	31,844.00	23,812.00	982.00	28
1,989	190,608	52,855.00	80,187.00	1,416.65	57
1,990	188,711	68,731.00	66,834.00	3,507.25	19
1,991	200,567	90,486.00	102,351.00	3,090.00	33
1,992	126,158	100,503.00	26,085.00	2,754.00	9
1,993	290,407	107,013.00	273,262.00	3,642.00	75
1,994	167,595	116,965.00	-5,847.00	3,937.00	-1
1,995	82,262	131,185.00	45,852.00	4,316.60	11
1,996	414,437	145,993.00	478,168.00	2,880.40	166
1,997	527,842	180,938.00	294,343.00	5,201.70	57
1,998	1'431,612	202,338.00	1'106,108.00	4,893.00	226
1,999	1'752,409	256,144.00	576,941.00	8,557.90	67
2,000	2'314,806	399,717.58	962,114.58	13,181.97	73
2,001	2'377,804	413,599.93	476,597.90	10,656.00	43

2,002	2'259,400	423,298.80	304,894.90	8,490.73	36
2,003	2'169,090	466,592.90	376,282.90	10,778.30	35
2,004	3'702,502	518,628.78	2'052,048.78	12,039.25	170
2,005	3'801,208	563,583.55	662,281.55	11,926.43	56
2,006	5'021,802	895,880.67	2'116,474.67	13,378.30	158
2,007	5'477,486	1'012,512.47	1'468,196.47	10,960.93	134
2,008	5'383,863	1'170,415.38	1'076,792.38	13,878.20	78
2,009	5'230,671	1'633,660.30	1'480,468.30	13,034.00	114
2,010	4'879,371	1'620,782.01	1'269,486.00	14,766.95	86
2,011	4'335,179	1'298,346.53	754,154.53	10,146.30	74
2,012	4'330,054	1'434,772.00	1'429,641.00	12,650.00	113
2,013	5'611,470	1'669,655.00	2'951,071.00	12,544.00	235
2,014	4'980,472	1'774,928.22	1'143,930.00	13,073.41	88

Fuente: Área de Planeamiento CIA Casapalca

CAPÍTULO III

GEOMECÁNICA

3.1. Evaluación Geomecánica de la Zona del Pique.

Para seguir con el minado de la zona Cuerpo Mery en la Mina Casapalca se ha continuado desarrollando el proyecto del Pique 650 del Nv. 10 hasta el Nv. 16, para ello, el área de geomecánica ha desarrollado una evaluación geomecánica del minado de estos cuerpos mineralizados, y el área que engloba este pique, a fin de determinar la calidad del macizo rocoso, y secuencias de avance del Pique más adecuados para garantizar las condiciones estables de las excavaciones a nivel local y global.

Se hizo una evaluación geomecánica de la masa rocosa con el fin de determinar los esquemas y secuencias de avance del minado más adecuadas, para el desarrollo del pique.

Se caracterizó litológica y estructuralmente a la masa rocosa involucrada, mediante mapeos aplicando RMR y GSI.

- Se evaluaron las propiedades físico-mecánicas de la roca, con el martillo de geólogo y el martillo Schmidt, la ejecución de ensayos de laboratorio y la utilización el equipo de carga puntual mediante testigos Diamantinos.

- Se realiza la zonificación del área de estudio.

(Ver Anexo N° 03 y 04)

3.1.1 Mapeo Geomecánico del Pique Vertical

Es el conjunto de actividades que comprenden la investigación del macizo rocoso, los análisis y las recomendaciones de ingeniería para el diseño y construcción de labores en la masa rocosa, de tal forma que se garantice el comportamiento adecuado del macizo rocoso.

Las clasificaciones pueden ser usadas en la etapa de Proyecto y también durante la Obra. En la etapa de Proyecto, permiten estimar el sostenimiento necesario en base a las propuestas del autor de cada sistema de clasificación, mientras que durante la Obra, permiten evaluar la calidad del terreno que se va atravesando conforme avanza la excavación del túnel y aplicar el sostenimiento correcto en cada caso.

3.1.2 Características de la Masa Rocosa:

Para la caracterización de la masa rocosa del Cuerpo Mery en la Mina, fue a partir de las labores subterráneas, de las discontinuidades presentes de la roca expuesta de los siguientes niveles: 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16.

Los parámetros tomados en cuenta fueron: calidad de roca (GSI), sistemas de discontinuidades principales y orientación con respecto al eje del proyecto (Geoestructural) e información con respecto a pruebas de laboratorio presentes en la zona.

3.1.3 Aspectos Litológicos:

La roca circundante al área de estudio está compuesto generalmente por Capas Rojas, caracterizada por presentar intercalaciones de lutitas, areniscas calcáreas y areniscas silicificadas. Las areniscas son de grano fino a grueso y comúnmente se observa una débil estratificación y en mayor dimensión en areniscas silicificadas compactas y masivas.

3.1.4 Distribución de Discontinuidades:

Para establecer las características de la distribución de discontinuidades estructurales tanto mayores como menores, se realizó mediante técnicas de proyección estereográfica equiareal, utilizando el software DIPS.

Los tres sistemas típicos de discontinuidades que conforman el arreglo estructural de la masa rocosa de los Cuerpos Mery son:

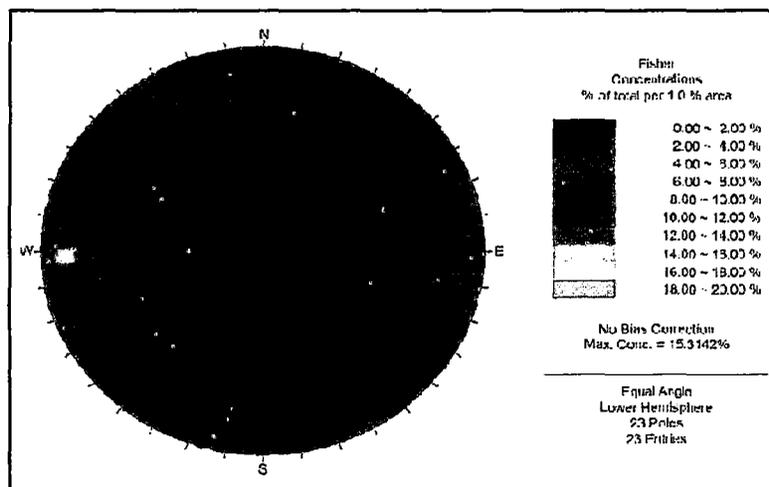
Sistema 1: Con rumbo N06°W y buzamiento 82°NE.

Sistema 2: Con rumbo N25°E y buzamiento 58°SE.

Sistema 3: Con rumbo S60°W y buzamiento 86°SE.

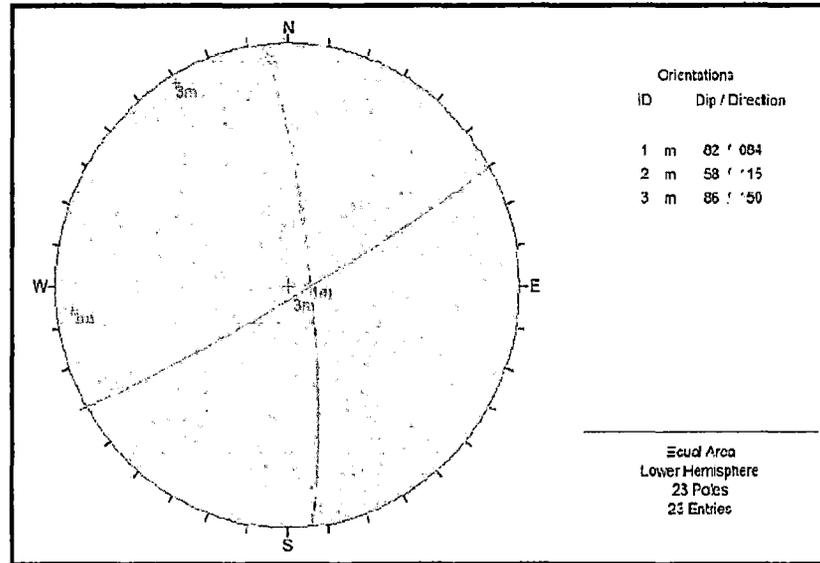
Todos estos sistemas están conformados mayormente por discontinuidades y se establecieron mediante tratamiento estadístico de la información registrada en el proyecto mismo del pique.

Figura 3.1: Diagrama Estereográfico de Contornos del Compósito General



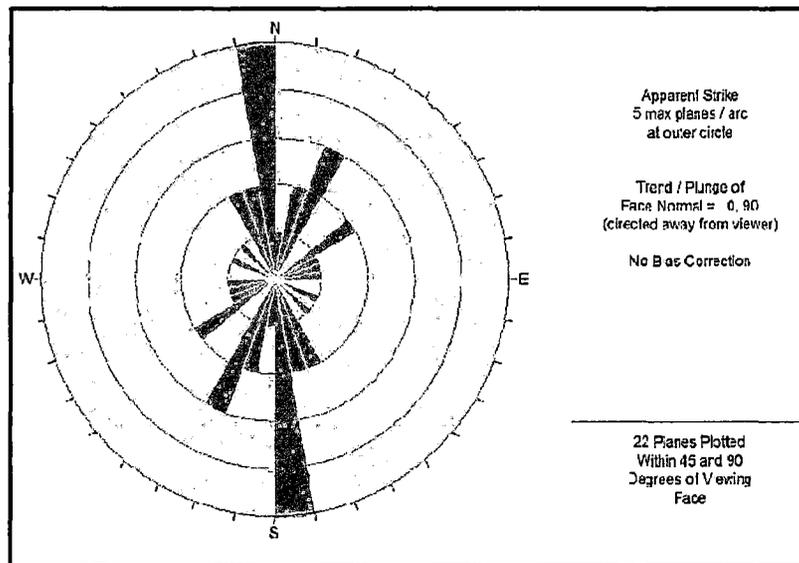
Fuente: Área de Geomecánica

Figura 3.2: Diagrama Estereográfico de Planos Principales del Compósito General.



Fuente: Área de Geomecánica

Figura 3.3: Diagrama de Roseta de Discontinuidades del Compósito General.



Fuente: Área de Geomecánica

Las características de las estructuras son: espaciamiento entre 20 a 60 cm, persistencia de 3 a 10 m., apertura variable de 1 a 5 mm en algunos casos y en la mayoría de casos cerrada y sin relleno, la rugosidad de las paredes es ligeramente rugosa a rugosa con ciertas ondulaciones con relleno duro con presencia de calcitas de espesores entre 0.1 a 1 mm. Las paredes de las discontinuidades estructurales por lo general son ligeramente alteradas con cierta presencia de goteo de agua localmente.

3.1.5 Clasificación de la Masa Rocosa:

Para clasificar la masa rocosa se utilizó el criterio de clasificación geomecánica GSI modificado, correlacionándolos con el índice RMR.

La masa rocosa del área de evaluación esta entre F/R a MF/R principalmente en las areniscas calcáreas y F/B a MF/B en las areniscas silicificadas; correlacionándolos con el RMR esta: Tipos II y III de calidad Regular a Buena.

Localmente hay presencia de rocas de calidad Regular B (IIIB - RMR 41-50) en el rango superior, y en algunos sitios muy puntuales, las rocas son de calidad Mala A (IVA – RMR 31-40).

Tabla 3.2: Criterio para la Clasificación de la Masa Rocosa

Tipo de roca	Rango RMR	Calidad según RMR
II	> 60	Buena
IIIA	51 - 60	Regular A
IIIB	41 - 50	Regular B
IVA	31 - 40	Mala A
IVB	21 - 30	Mala B
V	< 20	Muy Mala

Fuente: Área de Geomecánica

Tabla 3.3: Determinación del Valor del Macizo Rocoso

INDICE G.S.I.	INDICE RMR	TIPO DE SOPORTE	TIEMPO DE AUTOSOPORTE		ABERTURA MAXIMA
			LABORES 2.1 - 3.0 Mg.	LABORES 3.5 - 5.0 Mg.	
LF/ MB (LEVEMENTE FRACTURADA / MUY BUENA)	85-95	A	10 AÑOS	5 AÑOS	20 mts.
LF/ B (LEVEMENTE FRACTURADA / BUENA)	75-85	A	5 AÑOS	3 AÑOS	15 mts.
LF/ R (LEVEMENTE FRACTURADA / REGULAR)	65-75	A	2 AÑOS	1 AÑO	10 mts.
FI/ MB (FRACTURADA / MUY BUENA)	75-85	A	5 AÑOS	3 AÑOS	15 mts.
FI/ B (FRACTURADA / BUENA)	65-75	A	2 AÑOS	1 AÑO	10 mts.
FI/ R (FRACTURADA / REGULAR)	55-65	B	6 MESES	3 MESES	7.0 mts.
FI/ M (FRACTURADA / MALA)	45-55	C	2 SEMANAS	1 SEMANA	4.5 mts.
MI/ B (MUY FRACTURADA / BUENA)	55-65	B	6 MESES	3 MESES	7.0 mts.
MI/ R (MUY FRACTURADA / REGULAR)	45-55	C	2 SEMANAS	1 SEMANA	4.5 mts.
MI/ M (MUY FRACTURADA / MALA)	35-45	D - D1	5 DIAS	2 DIAS	3.0 mts.
MI/ MM (MUY FRACTURADA / MUY MALA)	25-35	E	8 HORAS(INMEDIATO)	4 HORAS(INMEDIATO)	2.0 mts.
IF/ B (INTENSAMENTE FRACTURADA / BUENA)	45-55	C	2 SEMANAS	1 SEMANAS	4.5 mts.
IF/ R (INTENSAMENTE FRACTURADA / REGULAR)	35-45	D - E	5 DIAS	2 DIAS	3.0 mts.
IF/ M (INTENSAMENTE FRACTURADA / MALA)	25-35	D1 - E	8 HORAS(INMEDIATO)	4 HORAS(INMEDIATO)	2.0 mts.
IF/ MM (INTENSAMENTE FRACTURADA / MUY MALA)	15-25	E	(PRESOPORTE)	(PRESOPORTE)	1.0 mts.

Fuente: Área de Geomecánica

Tabla 3.4: Tiempos Aproximados de Auto Soporte de la Labor

A	SIN SOPORTE O PERNO OCASIONAL (CONTROL DE BLOQUES INESTABLES)	2 Años
B	PERNO SISTEMATICO. (1.8 x 1.8 m.) (CINTA METALICA O MALLA OCASIONAL)	1 Mes
C	PERNO SISTEMATICO. (1.5 x 1.5 m.) (CINTA METALICA O MALLA OBLIGATORIA)	1 Semana
D	PERNO SISTEMATICO. (1.20 x 1.20 m.) SHOTCRETE CON FIBRA (0.05 m.) CUADROS DE MADERA.	5 Días
D1	PERNOS SISTEMATICOS (1.0 x 1.0 m.) SHOTCRETE CON FIBRA (0.10 m.) CUADROS DE MADERA.	Inmediato
E	CIMBRAS METALICAS O CUADROS DE MADERA.	Presoporte

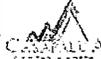
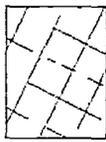
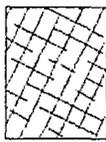
Fuente: Área de Geomecánica

3.1.6 Clasificación del Macizo Rocoso

La Valoración del Macizo rocoso Genérico es de RMR: 55 y por presentarse discontinuidades paralelas al avance se realiza un ajuste de (-4) obteniéndose un RMR: 51 de calidad de roca REGULAR de Tipo III-A y un GSI = 46.

Según GSI Modificado: Se presenta a continuación la tabla GSI Utilizado en Cia minera Casapalca.

Tabla 3.5: Cartilla GSI Casapalca

 MINA CASAPALCA SOSTENIMIENTO SEGUN GSI MODIFICADO LABORES MINERAS DE DESARROLLO Y EXPLOTACION (2.50 a 4.50 m. de Luz)		RESISTENCIA Y/O CONDICION SUPERFICIAL		
A SIN SOPORTE O PERNO OCASIONAL (CONTROL DE BLOQUES INESTABLES)	MUY BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA) (M/B) SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E INALTERADAS, CERRADAS. (Rc > 250 MPa) (SE ASTILLA CON GOLPES DE PICOTA)	BUENA (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) (B) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADA, RIANCHAS DE OXIDACION, LIGER. ABIERTA. (Rc 100 A 250 MPa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA)	REGULAR (MODER. RESIST., LEVE A MOD. ALTER.) (R) DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS. (Rc 50 A 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)	
B PERNO SISTEMATICO. (1.8 x 1.8 m.) (CINTA METALICA O MALLA OCASIONAL)				MALA (BLANDA, MUY ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRICIONES, MUY ALTERADA, RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA. (Rc 25 A 50 MPa) - (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE)
C PERNO SISTEMATICO. (1.5 x 1.5 m.) (CINTA METALICA O MALLA OBLIGATORIA)				
D PERNO SISTEMATICO. (1.20 x 1.20 m.) SHOTCRETE CON FIBRA (0.05 m.) CUADROS DE MADERA.				
D1 PERNOS SISTEMATICOS (1.0 x 1.0 m.) SHOTCRETE CON FIBRA (0.10 m.) CUADROS DE MADERA.				
E CIMBRAS METALICAS O CUADROS DE MADERA.				
ESTRUCTURA				
Abaco de relacion con RMR.				
 LEVEMENTE FRACTURADA. TRES A MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (LF) (2 A 6 FRACT. POR METRO) (RQD 75 - 90) (RQD = 115 - 3.3 Jn.)				
 MODERADAMENTE FRACTURADA. MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCON- TINUIDADES ORTOGONALES. (F) (RQD 50 - 75) (6 A 12 FRACT. POR METRO)				
 MUY FRACTURADA. MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCON- TINUIDADES. (MF) (RQD 25 - 50) (12 A 20 FRACT. POR METRO)				
 INTENSAMENTE FRACTURADA. PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCON- TINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (IF) (RQD 0 - 25) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO)				
 TRITURADA O BRECHADA. LIGERAMENTE TRABADA, MASA ROCOSA EXTREMADAMENTE ROTA CON UNA MEZCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DISGREGABLES, ANGULOSOS Y REDONDEADOS. (T) (SIN RQD)				

Fuente: Área de Geomecánica

3.1.7 Esfuerzos Alrededor del Pique Vertical

La profundidad promedio al área del Pique 650 es en el nivel 1 = 240 mts., al Nv. 10 = 704 mts., al Nv. 14 = 896 mts., al Nv. 16 = 996 mts.

Es conocido que en Mina Casapalca, en los niveles más profundos ocurren problemas relacionados a altos esfuerzos en roca competente (estallidos de rocas), pero en la zona del Pique 650 y en la zona de los Cuerpos Mery aún no se ha visto este problema.

El esfuerzo máximo vertical a producirse en el fondo del pique está dado por la siguiente fórmula:

Esfuerzo Vertical

$$\sigma_v = \gamma \cdot h$$

Donde: γ = densidad de la roca, Ton/m³

h = altura de la sobrecarga, metros

Para nuestro caso $\gamma = 2.70$. h = 996 m.

$$\sigma_v = 2,700 \text{ Kg/m}^3 \times 996 \text{ m.}$$

$$\sigma_v = 268.92 \text{ Kg/cm}^2 = \mathbf{26.89 \text{ Mpa}}$$

Esfuerzo Horizontal

Para la estimación del Ratio K se usó la ecuación de Sheorey:

$$k = 0.25 + 7E (0.001 + 1/z)$$

Dónde: E = Modulo Elástico de campo (GPa), (56)

z = Profundidad, mts. (996) Promedio.

Obteniéndose un K = 1.04

Desarrollando se tiene $\sigma_h = k \times \sigma_v$, por lo tanto $\sigma_h = 1.04 \times 26.89 = \mathbf{27.97 \text{ Mpa}}$

Datos tomados de campo: La data ingresada al GSI, este modelo empírico fue:

Tabla 3.6: Parámetros de Roca Arenisca Silicificadas:

Clasificación Generalizado Hoek Brown		
sigci	204	MPa
GSI	46	
mi	17	
D	0.8	
Criterio Hoek Brown		
mb	0.683	
s	0.0003	
a	0.508	

Fuente: Área de Geomecánica

Características Físicas.- Las muestras de roca de caja y mineral a fin de conocer las propiedades físicas se sometieron a ensayos de laboratorio cuyo resultado es:

Tabla 3.7

RESULTADOS ENSAYO DE PROPIEDADES FÍSICAS			
MUESTRA	DENSIDAD gr/cm ³	ABSORCIÓN %	POROSIDAD %
Brechas	2.50	2.70	3.10
Andesita	2.61	0.64	0.90
Areniscas	2.70	3.20	4.50

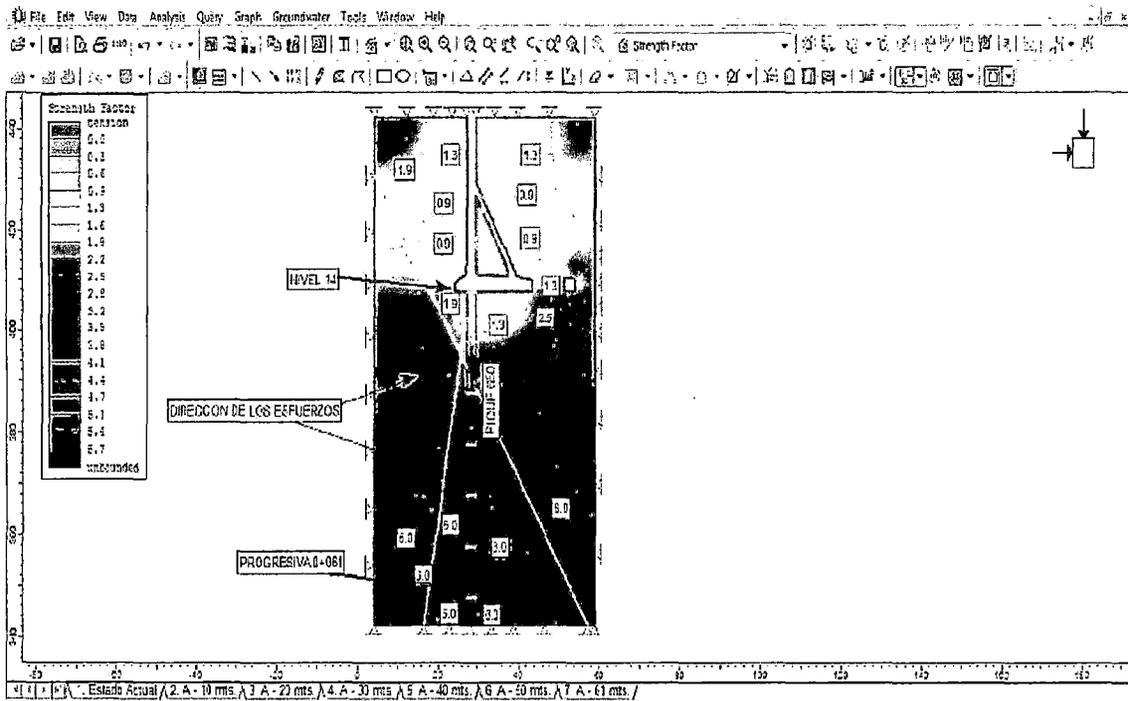
Fuente: Área de Geomecánica

3.1.7.1 Análisis del Estado Actual del Avance del Pique 650

A continuación se muestran los comportamientos de la excavación del pique 650, vale acotar que como muestra se tomó la evaluación del nivel 14 y nivel 15.

A) El Avance del Pique Realizada del Nv. 14 Al Nv. 15 Presentando las Sigüientes Características Estructurales

Gráfico 3.2

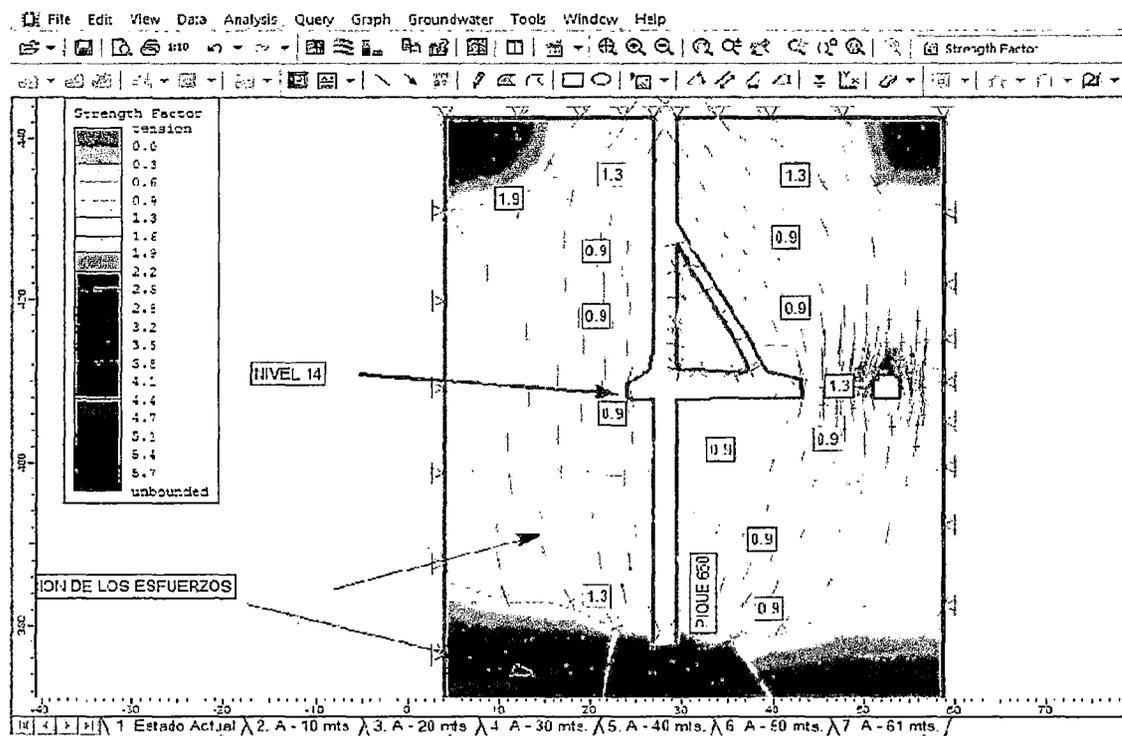


Fuente: Área de Geomecánica

En análisis del estado actual del Pique 650 del Nv. 14 al Nv. 15 muestra un factor de seguridad $FS= 0.9$, que indica por la influencia de la Cámara base del Nv. 14 y la chimenea de descarga (Wince). Debido a este análisis la cámara y los accesos se encuentran sostenidas. Lo cual no se refleja aun en este gráfico.

B) Análisis del Avance del Pique 650 en la 1ra. Etapa: A -10 Mts., A -20 Mts., A -30 Mts.:

Gráfico 3.3



Fuente: Área de Geomecánica

La excavación realizada a -10, -20 y -30 mts., muestra un factor de seguridad de $FS = 0.90$, por presentar estructura paralelo a la excavación y fallamiento longitudinal.

Esto indica que se deber realizar a los 25 mts. Anillo de Concreto Armado para reforzar el pique debido a la influencia de las presiones horizontales a ese nivel.

En el Nv. 15 se debe realizar el Anillo de Concreto Armado para reforzar este nivel del pique; debido a la influencia de las presiones horizontales a ese nivel.

Las especificaciones del diseño del muro de concreto se especifican en el **Anexo N° 23**

3.1.7.2 Resistencia de la Roca

3.1.6.1 Resistencia de la Roca Intacta

Se realizaron pruebas de ensayos de golpe con el martillo de geólogo y con el martillo de Schmidt, con un promedio de índice de rebote de 59, obteniéndose la resistencia de la masa rocosa de 204 Mpa.

Gráfico 3.5

MARTILLO SCHMITH				
TRAMO	A	B	C	PROM
Nivel 14	60	58	58	59
al	58	60	56	58
Nivel 15	60	62	60	61

Fuente: Área de Geomecánica

3.2. Resultados de la Evaluación Geomecánica

Resistencia Del Macizo Rocosos Con El Martillo Schmidt

1.- Arenisca Silicificada: Se realizó 180 mediciones en las rocas circundantes al Pique 650 del Nv. 13 al Nv. 16, del Miembro Carmen de la Formación Casapalca. En la proyección vertical obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla N° 3.8: Resumen de Rebotes

PROMEDIO	REBOTE 1	REBOTE 2	REBOTE 3
MODA	64	64	65
SD	4.13	4.17	3.85
MEDIA	62.52	62.00	62.64
Vmax.	69	69	71
Vmin.	54	54	54

Fuente: Área de Geomecánica

Compresión Uniaxial: **150 MPa**

Módulo de Young: **45 GPa. Ó (45,000 Mpa.)**

Tipo de Roca:

GSI: F/B a MF/B.

RMR: 65 – 75 = 55 – 65; PROMEDIO = 60 (Regular A = IIIA)

**Software Rock Lab.: Análisis de Resistencia de la Roca por el Modelo
Empírico Generalizado de Hoek.**

Los datos obtenidos son:

Mb= 4.871

S= 0.0205

A= 0.502

Cohesión= 10.941 Mpa

Angulo de Fricción= 39.57°

Módulo de Deformación del Macizo Rocoso= 23.71394 Gpa

Resistencia a la Compresión Uniaxial= 150 Mpa.

GSI= MF/B

RMR = 60

Mi= 17

Factor de Disturbancia= 0.0

3.2.1 Características del Sostenimiento

Para el análisis estático de estabilidad realizado al Proyecto de profundización del Pique 650 en relación a la Zonificación estructural y geomecánica que engloba la zona de cuerpos. El análisis y simulación se realizó con el software (UNWEDGE). A fin de determinar la Formación de Bloques (cuñas), y los Factores de Seguridad que nos permite visualizar el grado de estabilidad de las excavaciones subterráneas.

1. Hastial Izquierdo Cuña 2: Deberá ser controlado con sostenimiento. Actualmente se encuentra sostenido con Pernos Helicoidales de 8 pies en forma sistemática y para control de bloques.

- Factor de Seguridad: 0.638 (sin sostenimiento)

- Peso del Bloque: 0.041 Tn.

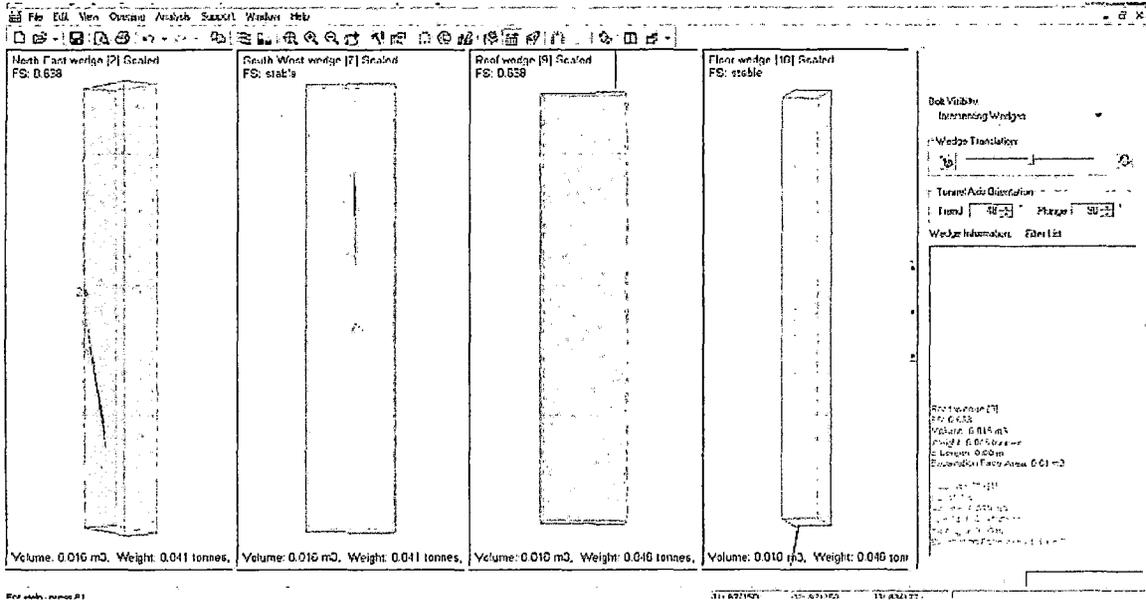
2. Hastial Derecho Cuña 7: Debe ser sostenido con Pernos Helicoidales de 8 pies. en forma sistemática y para control de bloques.

3. En Corona Cuña 9: No desliza, signo de lajamiento, por tanto es estable.

4. En Piso Cuña 10: Se encuentra en el piso, por lo tanto no representa una condición inestable.

Para ver más a detalle el sostenimiento sistemático en el Pique 650 Álex ver:
(Anexo N° 07 – Plano N° 07)

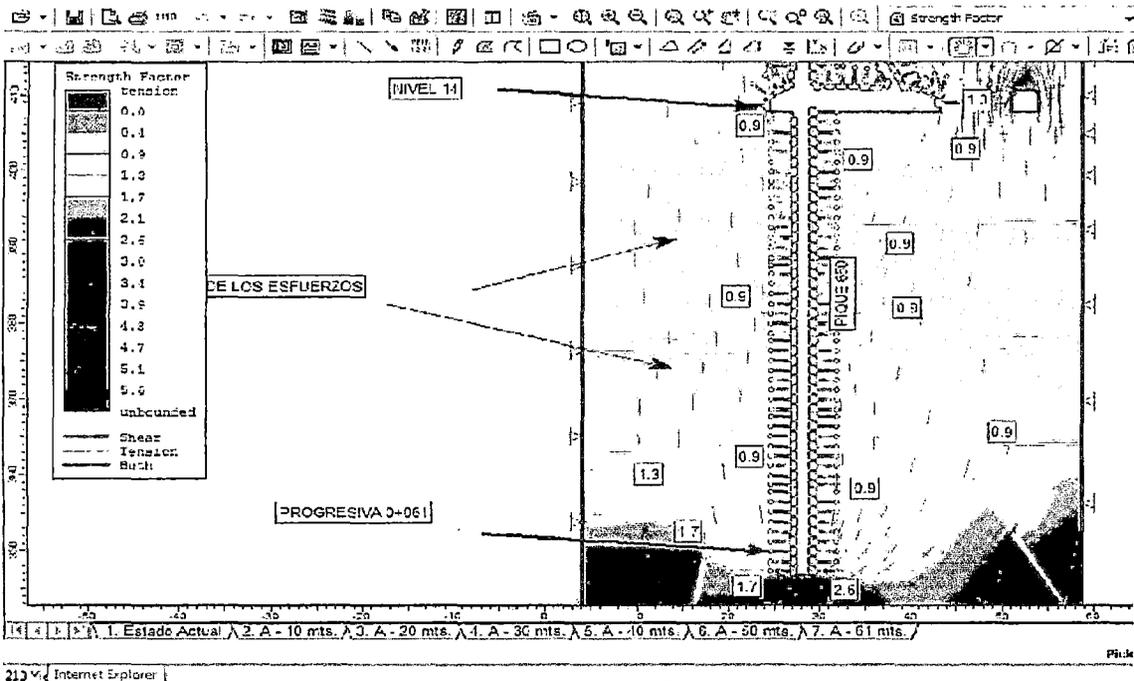
Gráfico 3.6: Simulación de las Presiones en la Columna del Pique



Fuente: Área de Geomecánica

3.2.2 Análisis del Avance del Pique 650 con el Sostenimiento Diseñado en la 1ra. Etapa:

Gráfico 3.7



Fuente: Área de Geomecánica

Por las condiciones estructurales propias de las Areniscas Silicificadas, que predominan en la zona, los altos esfuerzos y las discontinuidades paralelas al avance del pique presenta un factor de seguridad desfavorable de $FS= 0.90$; se debe cumplir con el sostenimiento sistemático diseñado para el pique.

- En el gráfico con los elementos de soporte instalados de perno helicoidal de 8 pies sistemático espaciados a 1.30 mts. El gráfico muestra el estado de ingreso es de 679 elementos de tensión con 434 puntos, realizado el análisis en el modelo matemático muestra 213 elementos tensión con un 36 % de efectividad, lo cual muestra un $FS= 1.30$ a 1.70 .

3.2.2.1 Resultados en las Pruebas de Tracción Realizadas en el Nv.15 Pique Rectangular.

A continuación se muestra el rendimiento efectivo del soporte aplicado a las instalaciones de los pernos helicoidales de acuerdo al diseño geomecánico.

Los alcances relacionados con el objetivo planteado son:

- Caracterización y propiedades Geomecánica de la masa rocosa
- Diseño de sostenimiento según GSI.

La prueba realizada es con 18 horas de instalación.

Primera Prueba

GSI: MF/R Arenisca Silicificada.

Perno: 8 pies de 19 mm. con 8 cartuchos (2 resinas y 6 cemcoms).

Carga Aplicada: 20 TN Desplazamiento: 9 mm.

Segunda Prueba

GSI: MF/R Arenisca Silicificada.

Perno: 8 pies de 19 mm. con 8 cartuchos (2 resinas y 6 cemcoms).

Carga Aplicada: 20 TN Desplazamiento: 8 mm.

Las funciones que desarrolla el área de Geomecánica en CIA Minera Casapalca son evaluar la calidad de roca de las diferentes labores de producción, estableciendo las recomendaciones de sostenimiento, monitorear los diversos

elementos de sostenimiento, verificando la correcta instalación y cumpliendo con las especificaciones técnicas en fortificación de los pernos.

3.2.3 Vida Útil del Sostenimiento

El tipo de sostenimiento aplicado en toda la columna del pique 650 es con pernos helicoidales de 8 pies de longitud, sostenimiento aplicado en toda labor permanente por su mayor durabilidad con respecto a otros sostenimientos, caso opcional es el uso del Split set, elemento de sostenimiento instalado solo en labores temporales, es así que luego de una serie de pruebas de Pull Test, los elementos instalados inicialmente en los niveles superiores arrojan 16 ton, de capacidad en promedio, indicando que están dentro de los parámetros permitidos (2 ton / pie).

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE EXTRACCIÓN EN PROFUNDIDAD

4.1. Evaluación de los Sistemas de Extracción.

La unidad minera Americana de CIA Casapalca cuenta con un sistema de minado convencional y mecanizado, donde actualmente se viene trabajando en vetas y cuerpos mineralizados, cuenta con inclinados, rampa y pique (inclinado y vertical), como medio de extracción, estos están integrados desde el nivel 10 hasta superficie.

Por los inclinados se extrae la explotación de vetas desde los echaderos inferiores mediante balancines hasta los echaderos superiores.

Por el pique vertical se extrae exclusivamente la explotación de cuerpos mineralizados y la rampa es exclusivamente servicios, también como acarreo de mineral con Dumpers desde tajeos de niveles inferiores hacia los echaderos de niveles superiores para finalmente ser izados por el pique.

Los Piques inclinados actualmente sirven como transporte de servicios ya que la mineralización en su zona ya fueron explotados.

4.1.1. Extracción por Piques Inclinados.

La alternativa de extracción por un Pique Inclinado en la zona de cuerpos mineralizados como es el caso del cuerpo Mery, desde el nivel 16, hasta el nivel 1, no es recomendable, debido a que el pique inclinado es más ideal para el caso donde el yacimiento mineral sea de vetas y tengan un buzamiento paralelo a la construcción del pique inclinado; quiere decir que si el buzamiento de la veta como en el caso de Casapalca en la zona Oroya o Esperanza tiene una inclinación de 74°, entonces el pique también debe ser diseñado y construido con esa misma inclinación, de manera que a mayor profundidad, la infraestructura del pique no se aleje de la estructura mineralizada y las labores de desarrollos sean más cortos y más económicos. Pero el objetivo no es la extracción de vetas sino extraer la zona Cuerpos Mery.

En la actualidad se cuenta con dos piques inclinados desde el nivel 4 hasta el nivel 10, ello nos permitirá hacer una comparación más atinada.

Ventajas:

- El esfuerzo del Winche al realizar el izaje es menor en torno a que el peso es compartido, el Skip descansa en las rieles instaladas.
- Permite el acceso de los operarios en las zonas más profundas de un modo más rentable y rápido, extrayendo el mineral por izado de Skips, hasta niveles superiores.
- Es una tecnología limpia, que no produce contaminación en la zona de trabajo.

Desventajas:

- Mayor tiempo de excavación para una determinada profundización.
- Menor capacidad de izaje ya que cuenta con tan solo dos compartimientos lado camino y lado Skip de capacidad menor al Skip del pique 650.

- Interferencia de las operaciones, cuando los requerimientos de transporte, movimientos de equipos y personal son efectuados de manera simultánea por el pique.
- Limita el acceso de equipos con dimensiones mayores a la infraestructura realizada del pique.
- El rango de izaje máximo, tanto de mineral como de desmonte, es básicamente limitado a la capacidad del Winche de izaje sin perspectiva de crecimiento de la producción.
- Requiere de personal en cuadrillas especializadas de mantenimiento.
- En casos de siniestros, su flexibilidad es poco concordante a la rapidez de evacuación de los equipos y del personal.

4.1.2. Extracción por Rampas.

Excavación cuasi-horizontal con gradiente máxima permisible y adecuada sección para el ingreso de equipo pesado y cuya variada dimensión dependerá de los fines de trabajo para lo cual es propuesta dicha construcción. Su aplicabilidad es brindar rápida accesibilidad a zonas mineralizadas con fines de servicios, también en vías de extracción o acarreo de mineral o desmonte.

Ventajas:

- Menor tiempo de excavación para una profundización determinada.
- Versatilidad para los diferentes accesos próximos a la zona mineralizada.
- Adecuada configuración de diseño para adaptarse a los clavos mineralizados y desarrollar métodos mecanizados de explotación y/o servicios.
- Flexibilidad para acceder a varios frentes de trabajo uniformizado, leyes de yacimiento de comportamiento errático.

- Ocurrencias mínimas de interferencias de las operaciones, cuando los requerimientos de transporte, movimientos de equipos y personal son efectuados de manera simultánea.
- Permite acceso de equipos con dimensiones mayores a la infraestructura realizada.
- Mayor supervisión de zonas de trabajo y coordinación aun en unidades mineras con rangos amplios de sus operaciones.
- En casos de siniestros, la evacuación de equipos o de personal es concordante a la rapidez requerida.

Desventajas:

- El costo de extracción de mineral o desmonte es costoso dado que se encuentra de manera proporcional a la distancia a profundizar.
- Mayor volumen de desmonte producido durante la construcción.
- Capacidad de extracción limitada básicamente al número de volquetes en operación.
- La eliminación del desmonte producido, es un costo adicional si no se le da una utilización adecuada.

La alternativa de extracción por Rampa implica la construcción de una Rampa de 3.50 m x 3.50 m. de sección desde el nivel 10 hasta el nivel 16, con 12 a 15 % de gradiente negativa y 2,000 m. de longitud; Así como un conjunto de ore pass, chimeneas y ventanas para extraer el mineral desde los niveles inferiores de producción.

Esta alternativa permitirá contar con una capacidad de extracción de 20,000 Tn/mes, el transporte de personal, maquinarias y demás materiales directamente en vehículos mecanizados hasta las zonas de trabajo.

4.1.3. Extracción por Piques Verticales.

Mientras el mineral no se encuentre a excesiva profundidad, el método de extracción de mineral más habitual es por ejecución de rampas, galerías y túneles que permitan el acceso hasta la zona de minado. Hay momentos en que estas distancias se hacen excesivas debido a la profundidad a la que empieza a encontrarse el mineral.

Esto se acentúa aún más cuando los sondeos diamantinos que se efectúan desde dentro de las explotaciones acceden a nuevas zonas aún más profundas en las cuales el mineral está presente. Llegado este momento, Casapalca se ve obligado a continuar con el sistema extracción por el pique vertical 650 de los yacimientos que se encuentran por debajo del nivel 10, y que permite el acceso de los operarios en las zonas más profundas de un modo más rentable y rápido, extrayendo el mineral por izado de skips, hasta niveles superiores.

También tiene la finalidad de transporte de equipos, personal y servicio (materiales) y desmante de las zonas bajas.

Su aplicabilidad es principalmente a yacimientos de gran profundidad y donde la accesibilidad por superficie al punto de llegada este bastante lejos.

Ventajas:

- Pique vertical que permite el acceso de los operarios en las zonas más profundas de un modo más rentable y rápido, extrayendo el mineral por izado de Skips, hasta niveles superiores.
- Bajo costo de operación, en lo referente al izaje de mineral o desmante.
- Es una tecnología limpia, que no produce contaminación en la zona de trabajo.
- Menor distancia de excavación para alcanzar la mayor profundización.

Desventajas:

- Mayor tiempo de excavación para una determinada profundización.
- Centralización del izaje de mineral o desmonte, de los servicios y del personal como la accesibilidad de los equipos.
- Interferencia de las operaciones, cuando los requerimientos de transporte, movimientos de equipos y personal son efectuados de manera simultánea por el pique.
- Limita el acceso de equipos con dimensiones mayores a la infraestructura realizada del pique.
- El rango de izaje máximo, tanto de mineral como de desmonte, es básicamente limitado a la capacidad del Winche de izaje sin perspectiva de crecimiento de la producción.
- Requiere de personal en cuadrillas especializadas de mantenimiento.
- En casos de siniestros, su flexibilidad es poco concordante a la rapidez de evacuación de los equipos y del personal.

4.2. Parámetros en la Selección del Sistema de Extracción.

4.2.1. Reservas de Mineral.

Cuadro N° 4.1

AÑO al 31 de diciembre	T.M.S	A.V./C. (m)	A.M. (m)	Ag Oz/TC	Pb %	Cu %	Zn %	Valor US\$/TMS
VETAS								
2,003	1'676,610	0.89	1.10	6.59	2.17	0.20	2.43	44.11
2,004	1'946,650	0.91	1.12	6.73	2.10	0.23	2.51	62.40
2,005	1'819,330	1.46	1.67	5.77	1.75	0.24	2.34	54.78
2,006	1'638,640	1.10	1.13	6.09	1.41	0.23	1.97	52.84
2,007	1'476,490	1.05	1.25	6.09	1.25	0.25	1.76	50.61
2,008	1'361,430	1.01	1.23	6.15	1.34	0.28	1.85	52.34

2,009	1'531,820	1.12	1.31	5.92	1.67	0.32	2.27	55.74
2,010	1'571,330	1.15	1.34	6.03	1.73	0.34	2.34	57.39
2,011	1'546,200	1.12	1.32	5.86	1.67	0.31	2.34	55.80
2,012	2'008,390	2.12	2.30	5.66	1.73	0.32	2.40	55.72
2,013	2'113,200	2.18	2.35	5.94	1.74	0.34	2.38	57.49
2,014	2'252,060	1.78	1.96	6.22	1.73	0.35	2.32	58.60
CUERPOS								
2,003	492,480	14.69	14.79	2.03	0.33	0.25	3.38	23.92
2,004	1'755,860	20.31	20.41	1.52	0.32	0.24	3.02	27.17
2,005	1'981,878	33.26	33.36	1.58	0.37	0.30	3.46	30.71
2,006	3'383,162	2.51	2.61	1.07	0.22	0.32	3.13	26.48
2,007	4'000,996	13.12	13.22	0.93	0.20	0.32	3.11	25.61
2,008	4'022,693	11.86	11.96	0.82	0.19	0.32	3.10	25.08
2,009	3'958,851	11.44	11.54	0.78	0.18	0.31	2.98	24.11
2,010	3'308,041	10.65	10.75	0.74	0.16	0.31	2.79	22.76
2,011	2'788,979	10.41	10.51	0.68	0.14	0.30	2.71	21.98
2,012	2'321,664	10.49	10.59	0.68	0.17	0.29	2.64	21.52
2,013	3'498,270	11.97	12.07	0.77	0.30	0.27	2.40	20.65
2,014	2'728,412	8.17	8.27	0.82	0.26	0.29	2.35	20.85

Fuente: Área de Planeamiento CIA Casapalca

En la zona de vetas, ya se cuenta con 03 piques y en la zona de cuerpos con un pique:

Zona Vetas

- ✓ 01 Pique Vertical de tres compartimientos (PQ – 790); desde el nivel 1, hasta el nivel 10.
- ✓ 01 Pique Inclinado de tres compartimientos (PQ – 885 Soledad); desde el nivel 4, hasta el nivel 10.

- ✓ 01 Pique Inclinado de dos compartimientos (PQ – 275 Patty); desde el nivel 4, hasta el nivel 10.

Zona Cuerpos

- ✓ 01 Pique Vertical de tres compartimientos (PQ – 650 Álex); desde el nivel 1, hasta el nivel 16 y se continua profundizando.

4.2.2. Eficiencias de la Extracción.

En el pique Inclinado se iza 5 ton / 5min = 1 ton / 1min

En el pique Vertical se iza 10 ton / 2min = 5 ton / 1min

Por la Rampa un Dumper extrae 20 ton / (45 min + 30min) = 0.27 ton / min

Para una flota de 8 Dumpers y un jornal de 10 Hras por gdia se tendrá = 77760 ton / mes

Peso espec. Desmonte = 2.7

Peso espec. Mineral = 2.9

En los piques se iza a razón de 9 horas efectivas ya que las tres horas restantes de 12 se dedican a servicios y transporte de personal.

Cuadro N° 4.2

PARÁMETROS	PIQUE INCLINADO	RAMPA (-)	PIQUE VERTICAL
Sección (m2).	4.60 x 2.20	3.50 x 3.50	5.60 x 2.40
Longitud (m).	534	2893.14	300
Gradiente (%).	82.22 (74°)	-12	100
Toneladas de Producción por mes	32400	77760	162,000.00
Volumen de Producción por mes	90720	217728	453600
Ciclo de izaje en min	10	75	4
Capacidad de Extracción de Tn/Hra	60	13	228
Inversión Total (US\$).	967512.10	1'454,728.65	2,416,378.21

Fuente: Propia

4.2.3. Costo de Infraestructura.

Cuadro N° 4.3

PARÁMETROS	PIQUE INCLINADO	RAMPA (-)	PIQUE VERTICAL
Sección (m2).	4.60 x 2.20	3.50 x 3.50	5.60 x 2.40
Longitud (m).	534	2893.14	300
Gradiente (%).	82.22 (74°)	-12	100
Costo total (US\$/m).	1811.82	502.82	8054.60
Costo de inversión (US\$/TM).	0.35	0.53	0.88
Inversión Total (US\$).	967512.10	1'454,728.65	2,416,378.21

Fuente: Propia

4.2.4. Tiempo de Ejecución.

Cuadro N° 4.4

PARÁMETROS	PIQUE INCLINADO	RAMPA(-)	PIQUE VERTICAL
Sección (m2).	4.60 x 2.20	3.50 x 3.50	5.60 x 2.40
Longitud (m).	534	2893.14	300
Gradiente (%).	82.22 (74°)	-12	100
Tiempo de ejecución (Meses).	26.7	16	20

Fuente: Propia

Para el caso del pique inclinado se asume un avance mensual de 20m.

Para la rampa se considera avance mecanizado con de 12 pies (3m) de avance/disp., y dos disp. /día.

Para el pique vertical se considera 15m de avance por mes

4.3. Evaluación y Selección del Sistema de Extracción.

Los criterios analizados en la toma de decisión de la mejor alternativa han considerado los siguientes aspectos:

1.- **Máxima Rentabilidad del Proyecto:** Buscar la propuesta que ofrezca el mayor beneficio económico teniendo un retorno en el corto plazo este objetivo se detalla en el capítulo de evaluación económica financiera.

2.- **Mínima Inversión de Construcción:** Busca la mejor propuesta que intercepte a los clavos mineralizados con el menor recorrido y con buenas condiciones de estabilidad geomecánica.

3.- **Mínima Interferencia con la Producción Actual Durante la Construcción:** Búsqueda de la mejor propuesta que durante la fase de construcción y labores de preparación, no interfiera con el actual esquema de producción de la mina manteniéndolo en forma independiente a este proceso.

4.- **Menos Tiempo Posible de Construcción:** Búsqueda de la propuesta que en el menor tiempo posible ofrezca mineral y tenga una producción sostenida de la mina.

5.- **Características Geomecánicas Favorables:** Buscar la mejor propuesta con respecto a trazo y diseño, la cual provea de estabilidad de macizo rocosos y bajos costos de sostenimiento.

6.- **Mejores Condiciones para Menor Impacto Ambiental:** Búsqueda de la propuesta que ofrezca el mínimo impacto ambiental cumpliendo con las normas nacionales y estándares internacionales en la calidad del medio Ambiente.

7.- **Retorno Económico más Inmediato:** Búsqueda de la propuesta que en el menor tiempo posible recupere el capital invertido de utilidades inmediatas a la empresa.

De acuerdo a los resultados de la evaluación hecha sobre las tres alternativas de profundización de la explotación debajo del nivel 10, la que mejores ventajas ofrece, tanto técnica y económica es el izaje vertical, por lo que se elige esta alternativa y se propone su diseño y construcción, con lo cual se lograra reemplazar las reservas minerales de la zona alta que se vienen agotando.

CAPÍTULO V

PROYECTO DE PROFUNDIZACIÓN DEL PIQUE VERTICAL 650 **ÁLEX DEL NIVEL 10 AL NIVEL 16**

5.1. Ubicación.

Para llegar al Pique Vertical, se ingresa por el túnel Álex CX – 390 NE del nivel 1 de la zona Mery. En este nivel también se ubica la estación principal, la cámara de winche y los Pockets 1 y 2 de recepción de mineral y desmote. A partir de ahí se prolonga verticalmente hasta el nivel 16 de la misma zona, realizando estaciones auxiliares en cada nivel de su construcción, tales como el nivel 4, 5, 6, 7 y 10 con la finalidad de facilitar el traslado de madera y otros materiales para su ejecución. Así mismo se continuara con la excavación del ore pass, waste pass en el nivel 10 y una estación de carguío en el nivel 11, además con la continuación de la profundización del pique se izara desde la cámara de carguío del nivel 15 hasta el nivel 1.

Para ver el sistema de extracción por izaje principal del nivel 01
(Ver Anexo N°: 15 y 16)

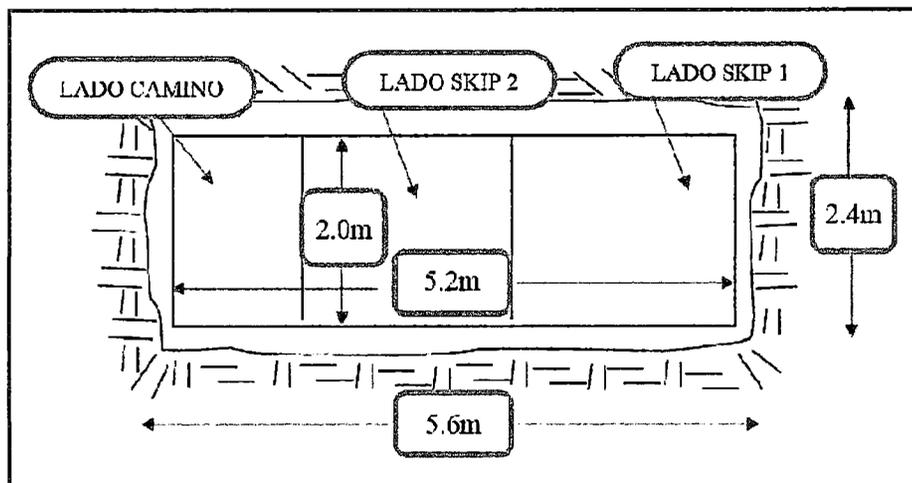
5.2. Diseño del Pique Vertical.

5.2.1. Sección y Longitud.

La sección del pique es de 5.60 X 2.40 m² de rotura de roca, y una sección de 5.20 X 2.0 m² de cuadro con tres compartimientos, 2 para el skip y 1 como camino y servicios.

La primera etapa de la excavación del pique cuenta con una distancia de 456m hasta el nivel 10, en la segunda etapa la profundización llega hasta el nivel 16 con un total de 756m contado a partir del nivel 1 hasta el nivel 16.

Gráfico N° 5.1 Representación de Compartimientos y Dimensión del Pique



Fuente: Propia

5.3. Diseño de los Componentes de Izaje del Pique.

5.3.1. Capacidad del Skip

Para el izaje del mineral se utilizará dos Skips de 3.5 m³ de capacidad c/u, que operan automáticamente., es decir se cargarán y descargarán automáticamente y en cada viaje deberán izar 10,000 Kg (10 TM).

- p.e. min = 2.9ton/m³
- 3.5m³X3ton/m³ = 10.15ton

5.3.2. Diseño de los Componentes de Izaje.

5.3.2.1 Diseño del Cable.

Longitud total del cable a usar por compartimiento.

Profundidad del pique	=	765.00 m	2509.84	pies
Collar – tolva volteo	=	45.50 m	149.28	pies
Tolva volteo – polea	=	23.80 m	78.08	pies
Polea – tambora	=	87.00 m	285.43	pies
Empalmes, amarres, corte	=	<u>50.00 m</u>	<u>164.04</u>	<u>pies</u>
		971.3 m	3186.67	pies

5.3.2.2 Estimación del Factor de Seguridad.

Tabla N° 5.1: Por Tablas:

longitud pique pies	factor de seguridad		% Reducción diámetro
	cable nuevo	cable usado	
3000 - 4000	5	4	16.5

Fuente: Propia

Cable a usar 1.1/2" diámetro serie 6 X19 tipo Cobra alma de acero

5.3.2.3 Peso del Cable (Pc)

Longitud del cable = 834.3 m = 2737.2 pies

$P_c = 2737.2 \text{ pies} * 4.2 \text{ lb / pie} = 11496.24 \text{ lb}$

Tabla N° 5.2: Tabla de Resistencia de Ruptura de Cables de Acero Tipo

Cobra 6 * 19

			RESISTENCIA A LA RUPTURA EN TONELADAS			
DIAMETRO		Peso Aprox. En Kgs. /metro	ALMA DE FIBRA (AF)		ALMA DE ACERO (AA)	
mm	Pulg.		Calculada	Efectiva	Calculada	Efectiva
3.15	0.13	0.04	0.7	0.6	0.79	0.69
4.76	0.19	0.1	1.5	1.3	1.64	1.43
6.35	0.25	0.17	2.75	2.39	3.15	2.74
7.94	0.31	0.28	4.5	3.71	4.9	4.25
9.53	0.38	0.39	6.6	5.3	7.1	6.08
11.11	0.44	0.51	8.8	7.17	9.7	8.25
12.7	0.5	0.69	11.6	9.33	12.7	10.88
14.3	0.56	0.87	14.6	11.77	18	13.48
15.9	0.63	1.68	18	14.46	19.8	16.67
19.05	0.75	1.94	25.9	20.66	28.5	23.75
22.23	0.88	2.1	34.9	27.94	38.3	32.13
25.4	1	2.75	45.7	36.32	50.6	41.71
28.6	1.1/8	3.47	58	45.6	63.6	52.49
31.75	1.1/4	4.2	71.6	56.08	78.7	64.47
34.93	1.3/8	5.15	88.7	67.3	95.1	77.54
38.1	1.1/2	6.2	103.1	79.84	113.5	91.8
41.27	1.5/8	7.14	121.5	93.2	133.4	106.77
44.45	1.3/4	8.3	140.6	107.78	154.6	123.74

Fuente: Manual de Cables - Procables

5.3.3 Velocidad de Izaje.

$$V = E / (T - 0.5 (T_a + T_d)).$$

$$E = 2659.12 \text{ ft.}$$

$$T = T_t - T_m = 130 \text{ seg.}$$

Donde:

T_m = tiempo de carguío = descargue asumido. = 20seg

T_t = tiempo de viaje asumido. = 2.5min = 150seg

$$V = 2659.12 \text{ ft} / (130 \text{ seg} - 0.5 (16-8))$$

$$V = 21.1 \text{ pies/seg.}$$

$$V = 1266.25 \text{ pies/min.}$$

5.3.4 Diseño del Winche y Polea

5.3.4.1 Cálculo para el Winche - Diámetro del Tambor (D)

La relación se toma de las reglas de seguridad del BUREAU OF MINES (USA).

$$D = 80 d$$

Dónde: D = dimetro del tambor.

d = diámetro del cable

Cuando $d = 1.1/2$

$$D = 80 * 1.1/2 = 120 \text{ pulg.}$$

$$D = 3.048 \text{ m} = 10 \text{ pies}$$

$$R = 1.524 \text{ m} = 5 \text{ pies}$$

Longitud de la cara del tambor y cable por enrollar.

$$\text{Longitud de cable hasta tolva de volteo} = 810.50 \text{ m} \quad 2657.47 \text{ pies}$$

$$\text{Cable para recortes, empalmes, amarres} = \underline{50.00 \text{ m}} \quad \underline{164.04 \text{ pies}}$$

$$\mathbf{860.5 \text{ m} \quad 2821.51 \text{ pies}}$$

5.3.4.2 N° de Vueltas en el Tambor

$$N^\circ \text{ VT} = (2821.51 \text{ pies} / 3.1416 \times 10 \text{ pies}) + 3$$

$$N^\circ \text{ VT} = 89.81 + 3 \text{ vueltas}$$

$$\mathbf{N^\circ \text{ VT} = 92.3 \text{ vueltas}}$$

5.3.4.3 Considerando dos Hilados

$$(92.3/2) \times 1.1/2 = 69.23 \text{ pulg.}$$

5.3.4.4 Espacios Libres Entre Cables.

Considerando 3/80 pulgadas

$$3/80 \times 69.23 \text{ pulg.} = 2.6 \text{ pulg.}$$

$$\text{Longitud cara del tambor} = 69.23 \text{ pulg.} + 2.6 \text{ pulg.}$$

$$= 71.83 \text{ pulg.}$$

$$= 5.98 \text{ pies.} = \mathbf{6 \text{ pies.}}$$

$$D = 10 \text{ pies} \quad L = 6 \text{ pies}$$

Tabla N° 5.3: Estimación de la Aceleración y Desaceleración del Skip

Profundidad (pies)	1000	1000-2000	2000-3000	3000-4000
Veloc. Recomendada pies/min.	600-700	600-800	800-1000	900-1200
Tiempo Aceleración	5" - 10"	8" - 12"	10" - 15"	12" - 20"
Tiempo Desaceleración	De 50 % a 100 % del tiempo de aceleración			
Factor Seg. Estimada	8	7	6	5
a pie / seg. ²	1 a 3	1 a 3	1 a 3.5	1 a 4

Fuente: Propia

5.3.4.5 Considerando un Tiempo Promedio

$$(12+20)/2 = 16 \text{ seg.}$$

$$T_a = 16 \text{ seg.}$$

$$T_d = 8 \text{ seg.}$$

$$T_m = \text{tiempo de carguío} = \text{descargue (asumido)} = 20 \text{ seg.}$$

$$T_t = \text{tiempo de viaje (asumido)} = 2.5 \text{min} = 150 \text{ seg.}$$

5.3.4.6 Cálculo de Velocidad del Skip

$$V = E / (T - 0.5 (T_a + T_d)).$$

$$E = 2659.12 \text{ ft.}$$

$$T = T_t - T_m = 130 \text{ seg.}$$

Donde:

$$T_m = \text{tiempo de carguío} = \text{descargue asumido.} = 20 \text{seg}$$

$$T_t = \text{tiempo de viaje asumido.} = 2.5 \text{min} = 150 \text{seg}$$

$$V = 2659.12 \text{ ft} / (130 \text{ seg} - 0.5 (16-8))$$

$$V = 21.1 \text{ pies/seg.}$$

$$V = 1266.25 \text{ pies/min.}$$

5.3.4.7 Obtención de la Aceleración y Desaceleración

$$a = V/Ta = 21.1 / 16 = 1.32 \text{ pie} / \text{seg}^2.$$

$$d = V/Td = 21.1 / 8 = 2.64 \text{ pie} / \text{seg}^2.$$

5.3.4.8 Cálculo de Espacios en Movimiento Uniforme Variado y Movimiento

Rectilíneo Uniforme

$$Ea = a(Ta)^2/2 = 1.32(16)^2 / 2 = 168.96 \text{ pies}$$

$$Ed = d(Td)^2/2 = 2.64(8)^2 / 2 = 84.48 \text{ pies}$$

$$Ec = E - (Ea + Ed) = 2659.12 - (168.96 + 84.48)$$

$$Ec = 2405.68 \text{ pies}$$

5.3.4.9 Estimación del Tiempo de Viaje En MRU

$$Tu = Ec / V = 2405.68 \text{ pies} / 21.1 \text{ pies/seg}$$

$$Tu = 114.01 \text{ seg.}$$

5.3.4.10 Estimación del Tiempo de Viaje

$$Tm = 20.00 \text{ seg.}$$

$$Ta = 16.00 \text{ seg.}$$

$$Tu = 114.01 \text{ seg.}$$

$$Td = \underline{8.00 \text{ seg.}}$$

Total = 158.01 seg.

5.3.4.11 N° de Viajes por Hora

$$N^{\circ}VH = (3600 \text{ seg} / \text{h}) / (158.01 \text{ seg} / \text{viaje}) = \mathbf{22.8 \text{ viajes} / \text{hora}}$$

5.3.4.12 Toneladas por Hora

$$N^{\circ} \text{ de viajes} / \text{ hora} = 22.8$$

$$\text{Por guardia} = 22.8 \text{ baldes} / \text{ hora} * 9 \text{ horas} / \text{ gdia} = 205.2 \text{ baldes} / \text{ gdia}$$

$$\text{Por día} = 205.2 \text{ baldes} / \text{ gdia} * 2 \text{ gdias} / \text{ día} = \mathbf{410.4 \text{ baldes} / \text{ día}}$$

$$\text{Por día} = 410.4 \text{ baldes} / \text{ día} * 10 \text{ ton} / \text{ balde} = \mathbf{4104 \text{ ton} / \text{ día}}$$

$$\text{Por hora} = 4104 \text{ ton} / \text{ día} * 1 \text{ día} / 18 \text{ horas} = \mathbf{228 \text{ ton} / \text{ hora}}$$

También de N° De Viajes Por Hora

$$N^{\circ}VH = 22.8 \text{ viajes} / \text{ hora} * 10 \text{ TM}$$

$$\mathbf{TH = 228 \text{ TM} / \text{ Hora}}$$

5.3.4.13 Cálculo de la Capacidad del Skip

$$CS = (228 \text{ TM/h}) / (22.8 \text{ viajes} / \text{ h}) = \mathbf{10 \text{ TM} / \text{ viaje}}$$

5.3.4.14 Cálculo Factor de Seguridad Efectivo o Dinámico con que Trabaja

Realmente el Cable.

$$F.S.E.D. = 91.80 / F$$

$$F = W + (W*a)/g + 288000*d^3/D$$

$$W = W \text{ mineral} + W \text{ skip} + W \text{ cable}$$

$$W \text{ mineral} = 22046.23 \text{ lb.}$$

$$W \text{ skip} = 13227.74 \text{ lb.}$$

$$W \text{ cable} = \mathbf{11496.24 \text{ lb.}}$$

$$W = 46770.21 \text{ lb.}$$

$$F = W + (W*a)/g + 288000*d^3/D$$

$$F = 46770.21 + \frac{(46770.21 * 1.32)}{9.8 * 3.28} + \frac{288000 * (1.1/2)^3}{120 \text{ pulg}}$$

$$F = 56790.84 \text{ lb}$$

F = 28.4 TC , de la tabla se obtiene

$$F = 91.8 / 28.4$$

$$F.S.E.D. = 3.23$$

5.3.4.15 Cálculo de la Velocidad Angular o Circular del Tambor

$$R.P.S. = V / (3.1416 * D) = (21.1 \text{ pies/seg} / (3.1416 * 10 \text{ pies}))$$

$$R.P.S. = 0.67 \text{ /seg.}$$

5.3.4.16 Vueltas acelerando

$$N^{\circ}.V.Acel. = R.P.S. * T_a / 2$$

$$N^{\circ}.V.Acel. = R.P.S. * 16 / 2$$

$$N^{\circ}.V.Acel. = 5.36$$

5.3.4.17 Vueltas Desacelerando

$$N^{\circ}.V.Des. = R.P.S. * T_d / 2$$

$$N^{\circ}.V.Des. = R.P.S. * 8 / 2$$

$$N^{\circ}.V.Des. = 2.68$$

5.3.4.18 Vueltas a Velocidad Constante

$$N^{\circ}.V.Veloc. \text{ Conts.} = R.P.S. * T_u$$

$$N^{\circ}.V.Veloc. \text{ Conts.} = 0.67 * 114.01 = 76.38$$

5.3.4.19 Comprobación

Cable desenrollando en aceleración

$$5.36 * 3.1416 * 10 = 168.39$$

Cable desenrollando en desaceleración

$$2.68 * 3.1416 * 10 = 84.19$$

Cable desenrollando a velocidad constante

$$76.38 * 3.1416 * 10 = \underline{2399.55}$$

2652.13 pies

5.3.4.20 Cálculo de Momentos

Cargas:

$$W \text{ mineral} = 22046.23 \text{ lb.}$$

$$W \text{ skip} = \underline{13227.74 \text{ lb.}}$$

$$\mathbf{35273.97 \text{ lb.}}$$

$$c = \text{cable de } 6*19 \text{ de } 1.1/2" = 4.16621404 \text{ lb / pie}$$

$$d = \text{diámetro de tambor } 120" = \mathbf{10 \text{ pies}}$$

$$r = \text{radio del tambor} = \mathbf{5 \text{ pies}}$$

a) Momentos de la Carga que Sube

0.00	vuelatas	35273.97 lb	x	5.00	pie	=176369.85	lb - pie
5.36	vuelatas	35273.97 lb	x	5.00	pie	=176369.85	lb - pie
84.44	vuelatas	35273.97 lb	x	5.00	pie	=176369.85	lb - pie
87.12	vuelatas	35273.97 lb	x	5.00	pie	=176369.85	lb - pie

b) Momentos de la Carga que Baja

0.00	vueltas	13227.74	lb	x	5.00	pie	=66138.7	lb - pie
5.36	vueltas	13227.74	lb	x	5.00	pie	=66138.7	lb - pie
84.44	vueltas	13227.74	lb	x	5.00	pie	=66138.7	lb - pie
87.12	vueltas	13227.74	lb	x	5.00	pie	=66138.7	lb - pie

c) Momentos del Cable que Sube

$$= \text{Long.tot} - (\text{N}^\circ \text{ vueltas} * \pi * D)$$

0.00	vueltas	2737.032	pie	x	5.00	pie	4.16621	lb / pie	=	57015.25	lb - pie
5.36	vueltas	2568.81	pie	x	5.00	pie	4.16621	lb / pie	=	53511.01	lb - pie
84.44	vueltas	84.44	pie	x	5.00	pie	4.16621	lb / pie	=	1758.97	lb - pie
87.12	vueltas	0.00	pie	x	5.00	pie	4.16621	lb / pie	=	0.00	lb - pie

d) Momentos del Cable que Baja

$$= (\text{N}^\circ \text{ vueltas} * \pi * D)$$

0.00	vueltas	0.00	pie	x	5.00	pie	4.16621	lb / pie	=	0.00	lb - pie
5.36	vueltas	168.39	pie	x	5.00	pie	4.16621	lb / pie	=	3507.74	lb - pie
84.44	vueltas	2652.76	pie	x	5.00	pie	4.16621	lb / pie	=	55259.77	lb - pie
87.12	vueltas	2736.95	pie	x	5.00	pie	4.16621	lb / pie	=	57013.54	lb - pie

e) Momentos Totales

Tabla N° 5.4: Resumen de la Carga que Sube

vueltas	0	5.36	84.44	87.12
cargas	176369.9	176369.9	176369.9	176369.9
cable	57015.25	53511.01	1758.97	0
total	233385.2	229880.9	178128.9	176369.9

Fuente: Propia

Tabla N° 5.5: Resumen de la Carga que Baja

vuelatas	0	5.36	84.44	87.12
cargas	66138.7	66138.7	66138.7	66138.7
cable	0	3507.74	55259.77	57013.54
total	66138.7	69646.44	121398.5	123152.24

Fuente: Propia

5.3.4.21 Resumen de Momentos Netos

(Mto. Subida – Mto. Bajada)

0.00 vueltas	233385.2	-	66138.7	=	167242.5 (M max)
5.36 vueltas	229880.9	-	69646.44	=	160234.46
84.44 vueltas	178128.9	-	121398.5	=	56730.4
87.12 vueltas	176369.9	-	123152.24	=	53217.66 (M min)

5.3.4.22 Cálculo de los Momentos de Fricción

$$M_f = ((M_{max} + M_{min}) / (2 * eff)) - M_c$$

M_{max} = Momento neto máximo

M_{min} = Momento neto mínimo

M_c = Momento de la carga neta (mineral) = (min de skip lb) * (radio de tambora) pie

$$M_c = \text{Momento de la carga neta (mineral)} = (22046.23 \text{ lb} * 5 \text{ pie})$$

$$M_c = \text{Momento de la carga neta (mineral)} = \mathbf{110231.15 \text{ lb} - \text{pie}}$$

$$Eff = \text{eficiencia del momento medio (estimada)} = \mathbf{0.8}$$

Reemplazando de valores momentos netos

$$M_f = ((167242.5 + 53217.66) / (2 * 0.8)) - 110231.15 = \mathbf{27556.45 \text{ lb} - \text{pie}}$$

5.3.4.23 Peso de Tambor.

$$WT = 200 * A$$

A = Área de la superficie del tambor (pies).

$$A = 3.1416 * D * L = 188.5 \text{ Pies}^2$$

$$WT = 200 * 188.5$$

$$WT = 37700 \text{ Lb}$$

$$WT = 17.1 \text{ Ton}$$

5.3.4.24 Peso de los Engranajes.

Considerando igual al 10 % de peso del tambor.

$$WE = 10 \% * WT = 3770 \text{ Lb} = 1.71 \text{ Ton}$$

5.3.4.25 Peso de Polea.

$$WP = 1000 + (D-5) * 570 = 3850 \text{ lb}$$

Peso del cable total en lb

$$WC = 3418.64 \text{ pies} * 4.16621404 \text{ lb / pie}$$

$$WC = 14242.77 \text{ lb}$$

5.3.5 Cálculo del Ángulo Flett o de Variación

Longitud cable tambora - polea = 87.00 m = 285.43 pies

Ancho de cara del tambor = 5.67 pies

$$\text{Tg } \beta = 2.835 / 285.43$$

$$\text{Tg } \beta = 0.00993$$

$$\beta = \text{arcTg}(0.00993) = 0^{\circ}34'8.63''$$

Valor por debajo del Angulo máximo permisible de $1^{\circ} 30'$

$$\text{Velocidad plena} = V = 21.1 \text{ pies/seg.} = 1266.25 \text{ pies/min.}$$

$$\text{Aceleración} = 1.32 \text{ pie / seg}^2.$$

$$\text{Desaceleración} = 2.64 \text{ pie / seg}^2.$$

5.3.6 Diseño de Motor.

$$2 \text{ Skips} : 26455.47 \text{ lb.}$$

$$\text{Mineral} : 22046.23 \text{ lb.}$$

$$2 \text{ Cables} : 22992.48 \text{ Lb.}$$

$$2 \text{ tamboras} : 75400 \text{ Lb.}$$

$$\text{Engranajes} : 7540 \text{ Lb.}$$

$$2 \text{ Poleas} : \underline{7700 \text{ Lb.}}$$

$$\text{TOTAL} \quad \mathbf{162134.18 \text{ Lb}}$$

a) Cálculo de la Fuerza de Aceleración.

$$F_a = (WC * a) / (g * 3.28)$$

$$F_a = (162134.18 \text{ lb} * 1.32 \text{ pie / seg}^2) / (9.8 * 3.28)$$

$$\mathbf{F_a = 6658.07}$$

b) Cálculo de la Fuerza de Desaceleración.

$$F_d = (WC * d) / (g * 3.28)$$

$$\mathbf{F_d = 13316.15}$$

c) Momentos de Aceleración.

$$Ma = Fa * r$$

$$Ma = 6658.07 * 5 = \mathbf{33290.35 \text{ Lb}}$$

d) Momento de Desaceleración.

$$Md = Fd * r$$

$$Md = 13316.15 * 5 = \mathbf{66580.75 \text{ Lb}}$$

e) Cálculo de la Potencia

$$HP = ((PI * 2 * R.P.S.) / (550)) * M$$

$$HP = \mathbf{0.007654 * M}$$

Tabla N° 5.6: Resumen de Momentos Cálculados

1	Vueltas	0	5.36	5.36	84.44	84.44	87.12
2	Momento Estático Neto	167242.5	160234.46	160234.46	56730.4	56730.4	53217.66
3	Momento de Fricción	27556.45	27556.45	27556.45	27556.45	27556.45	27556.45
4	Momento de Desaceleración	0	0	0	0	-66580.75	-66580.75
5	Momento de Aceleración	33290.35	33290.35	0	0	0	0
6	Momento Total (M)	228,089.30	221,081.26	187,790.91	84,286.85	17,706.10	14,193.36
7	Tiempos en Segundos	0	16	16	114.01	130.01	130.01
8	Potencia en HP	1745.79	1692.16	1437.35	645.13	135.52	108.64
9			A	B	C	D	

Fuente: Propia

5.3.6.1 Potencia Media Estimada

$$PME = (\text{pot. En vuelta cero} + \text{pot de C}) / 2$$

$$PME = (1745.796 + 645.13) / 2$$

$$\mathbf{PME = 1195.46 \text{ HP}}$$

$$T_a = 16$$

$$T_d = 8$$

Considerando el 160 % de esta potencia

$$1195.46 * 160 \% = 1912.74 \text{ HP}$$

$$1912.74 / 16 = 119.55 \text{ al motor acelerado}$$

$$1912.74 / 8 = 239.10 \text{ al motor desacelerado}$$

Potencia corregida en los puntos A y D

$$A = 1692.16 + 119.55 = \mathbf{1811.71}$$

$$D = 135.52 + 239.10 = \mathbf{374.62}$$

Para reemplazar en la fórmula del Método "Root Mean Square" R.M.S., o

Método de la raíz cuadrada de la media de los cuadrados.

$$A = 1811.71 \quad ; \quad K_1 = \frac{1}{2} \quad T_a = 16$$

$$B = 1437.35 \quad ; \quad K_2 = 1 \quad T_u = 114.01$$

$$C = 645.13 \quad ; \quad K_3 = \frac{1}{4} \quad T_d = 8$$

$$D = 374.62 \quad T_m = 20$$

$$PM = ((A^2 * T_a + ((B^2 + C^2 + B * C) / 3) * T_u + (D^2 * T_d)) / (K_1 * T_a + K_2 * T_u + K_1 * T_d + K_3 * T_m))^{1/2}$$

$$PM = (183203325.3 / 131.01)^{1/2} \text{ HP}$$

$$PM = (1398391.92)^{1/2} \text{ HP}$$

$$PM = 1182.54 \text{ HP} * 1.3$$

$$PM = 1537.37.29 \text{ HP}$$

Por lo tanto el motor cercano comercial es de 2 Motores de 800 HP de 3 fases, 60 ciclos 440 V Corriente Alterna

5.4 Ejecución de la Profundización del Pique Vertical 650 Alex.

5.4.1 Excavación del Pique.

La excavación del pique vertical 650 ha seguido dos etapas:

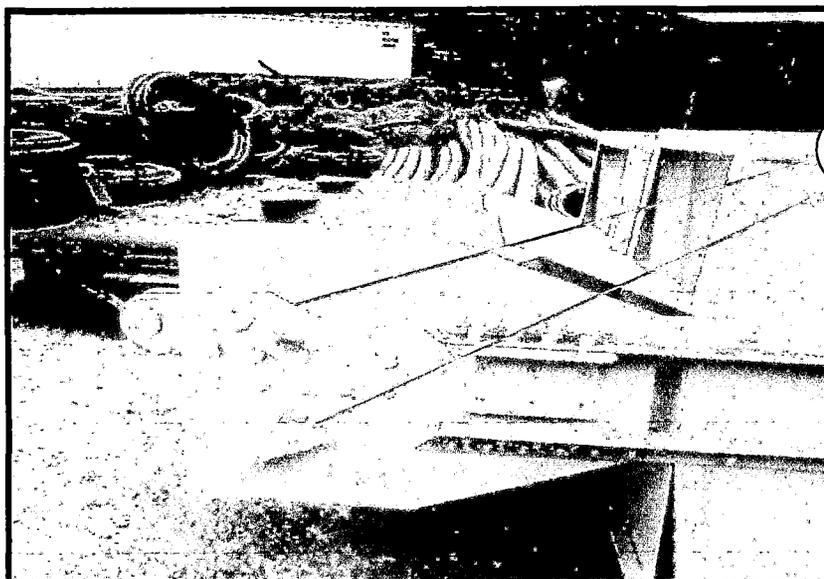
La primera etapa fue la construcción del pique en ciego desde el nivel 10 hasta el nivel 12 con una sección de 5.6 X 2.4 m².

La segunda etapa fue el ensanche de las chimeneas piloto, primero con piloto de chimenea convencional de 1.2 X 2.4m² que fue construida desde el nivel 14 hasta la comunicación del inclinado a 8m debajo del nivel 12 y la otra chimenea fue de 1.50 m. diámetro, con Raise Bore, que a su vez comprendió el ensanche del tramo entre el Nivel 14 al Nivel 16, ambos ensanches se hicieron hasta tener también la sección de 5.6 X 2.4 m².

Para ver en detalle la profundización:

(Ver Anexo N° 08 - Plano N° 08)

Imagen N° 5.1



Leonas de seguridad

Fuente: Fotografía de Skip en Almacén General CIA Casapalca

5.4.1.1. Perforación y Voladura.

La perforación en ciego del pique vertical entre el Nivel 10 al 12, se realizó con barrenos de 6 pies y 70 taladros de producción, el diseño de malla se muestra a continuación.

(Ver Anexo N° 05 - Plano N° 05)

A continuación se muestra resumen de tiempos más representativos

Tabla N° 5.7: Ciclo de perforación

N° de taladros	emboquille	patero 2 ft (41mm)	seguidor (4-6) ft (39mm)	pasador 8ft (38mm)	Total ciclo
1	0.2	2.3	2.5	1.8	6.8
2	0.1	2.1	2.8	1.9	6.9
3	0.2	2.4	2.7	1.7	7
4	0.1	2.7	2.3	2	7.1
5	0.1	2.2	2.3	1.9	6.5
6	0.2	2.6	2.2	1.8	6.8
7	0.2	2.3	2.1	1.9	6.5
8	0.2	2.5	2.4	2	7.1
9	0.2	2.1	2.4	1.9	6.6
10	0.1	2.8	2.3	1.8	7

Fuente: Control de Tiempos en Pique-CIA

Tabla N° 5.8: Vida útil de Brocas y Barrenos en Perforación Negativa

vida útil en pies perforados	patero 2 ft (41mm)	seguidor (4) ft (39mm)	seguidor (4) ft (39mm)	pasador 8ft (38mm)
broca	45-88	92	120	200
barreno	92	130	250	800

Fuente: Control de Tiempos en Pique-CIA Casapalca

Tabla N° 5.9: Consumo de Accesorios y Explosivos por Voladura

malla de perforación	tal. de prec.	tal. de prod.	sección piloto (mts)	Long. de tal.	cart. tal.	total cart.	total carmex de 9 ft	cajas / voladura	mecha rápida (m)
0.4m*0.4m	104	84	1.5 (RB)	4 ft	4	336	84	1.3	20
0.4m*0.4m	40	56	1.5 (RB)	6 ft	6	536	96	2.1	30
0.6m*0.47m	33	30	1.5 (RB)	6 ft	6	345	63	1.3	30

Fuente: Control de Tiempos en Pique-CIA Casapalca

El explosivo y accesorios utilizados fueron: carmex de 6, cartuchos Semexa de 65% y mecha rápida.

Tabla N° 5.10: Perforación

PARAMETROS	UND.	CANTIDAD
Sección	m.	2.4 x 5.6
Longitud de taladros	Pies	6
No de taladros	Und.	70
Máquinas Perforadoras	Und.	2

Fuente: Control de Tiempos en Pique-CIA Casapalca

Tabla N° 5.11: Voladura

PARAMETROS	UND.	CANTIDAD
Avance por disparo	m.	1.60
Avance Mensual	m.	15
Factor de carguío	Kg/m ³	1.96
Esponjamiento	%	40
Volumen roto	m ³	21.5
Eficiencia de voladura	%	87

Fuente: Control de Tiempos en Pique-CIA Casapalca

5.4.1.2. Limpieza.

Para la limpieza del material roto en pique ciego, se instaló un sistema auxiliar de izaje, consta de un Winche de 40 H.P., un balde de 0.4 m³ (0.73*0.73*0.75) y un winze de descarga de 23 m³ de capacidad, el carguío de material roto al balde se realiza a pulso con 4 obreros, luego se iza con el Winche hasta el winze donde se acumula para luego chutear a los carros mineros tipo Gramby para su evacuación Hacia los hechaderos.

Para la limpieza de desmonte en ensanche con piloto la carga será evacuada por la chimenea piloto hasta el pie de la chimenea desde el nivel 12 hasta el nivel 14 y en la segunda etapa desde el nivel 14 hasta el nivel 16, para que finalmente la carga sea acarreada por Scoops de 2.5 Yd³.

(Ver Anexo N° 21)

Tabla N° 5.12: Parámetro de Limpieza

PARAMETROS	UND.	CANTIDAD
Tiempo	Horas	8
Personal	Und.	6

Fuente: Control de Tiempos en Pique-CIA Casapalca

Tabla N° 5.13: Rendimiento de Izaje de Material Roto al Bolsillo

fecha	guardia	n° de hombres	n° de viajes	Cap. de 01 Balde m3	vol. m3	horas netas	m3/hr	m3/hom.
07-feb	día	4	70	0.4	28	8	3.5	0.88
08-feb	día	4	65	0.4	26	7.5	3.47	0.87
09-feb	día	4	35	0.4	14	5	2.8	0.7
10-feb	día	4	68	0.4	27.2	8	3.4	0.85
11-feb	día	4	73	0.4	29.2	8.5	3.44	0.86
12-feb	día	4	71	0.4	28.4	8.3	3.42	0.86
13-feb	día	4	69	0.4	27.6	7.7	3.58	0.9
14-feb	día	4	59	0.4	23.6	7.8	3.03	0.76
15-feb	día	4	63	0.4	25.2	8.5	2.96	0.74
16-feb	día	4	38	0.4	15.2	5	3.04	0.76
17-feb	día	4	68	0.4	27.2	8.5	3.2	0.8
18-feb	día	4	67	0.4	26.8	8.2	3.27	0.82
19-feb	día	4	65	0.4	26	8.3	3.13	0.78
20-feb	día	4	65	0.4	26	8.1	3.21	0.8
21-feb	día	4	62	0.4	24.8	8	3.1	0.78
PROMEDIO							3.24	0.81

Fuente: Control de Tiempos en Pique-CIA Casapalca

Tabla N° 5.14: Rendimiento de Acarreo del Winze al Echadero

fecha	guardia	n° de hombres	n° de viajes	n° de carros Gramby	Cap. del Gramby (3 ton)	vol. Transpor. (m3)	horas netas	m3/hr	M3/hom
07-feb	día	2	6	3	9	54	8	6.75	3.38
08-feb	día	2	8	3	9	72	7.5	9.6	4.8
09-feb	día	2	6	3	9	54	5	10.8	5.4
10-feb	día	2	9	3	9	81	8	10.13	5.06
11-feb	día	2	6	3	9	54	8.5	6.35	3.18
12-feb	día	2	9	3	9	81	8.3	9.76	4.88
13-feb	día	2	7	3	9	63	7.7	8.18	4.09
14-feb	día	2	5	3	9	45	7.8	5.77	2.88
15-feb	día	2	6	3	9	54	8.5	6.35	3.18
16-feb	día	2	8	3	9	72	5	14.4	7.2
17-feb	día	2	9	3	9	81	8.5	9.53	4.76
18-feb	día	2	7	3	9	63	8.2	7.68	3.84
19-feb	día	2	6	3	9	54	8.3	6.51	3.25
20-feb	día	2	4	3	9	36	8.1	4.44	2.22
21-feb	día	2	8	3	9	72	8	9	4.5
PROMEDIO								8.35	4.18

Fuente: Control de Tiempos en Pique-CIA Casapalca

Parámetros para el Rendimiento de Izaje de Material Roto

- 1 winchero
- 4 lamperos
- 1 volteador de balde
- Winche de 40 hp.
- 100 metros de cable de acero de 1/2"
- Guía de 1/2" de cable de acero.
- 3 timbres para comunicación.
- Un guiador de balde
- Buena iluminación.
- Ropa de agua para cada trabajador.
- Arnés con línea de anclaje para cada trabajador.

- Matón de 16 libras.
- 4 Picos.
- 2 Barretillas

5.4.1.3. Sostenimiento.

El sostenimiento del pique se realizará conforme a las recomendaciones del área de geomecánica, y se realizara con pernos helicoidales batidos con Cemcon y Resina en proporciones recomendadas (dos resinas y seis cemcoms).

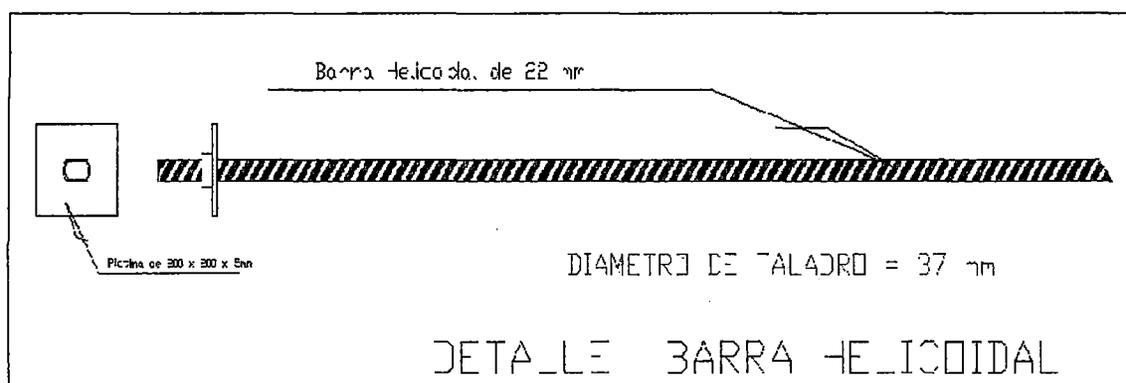
Para mayor detalle del sostenimiento: **(Ver Anexo N° 07 - Plano N° 07)**

Además el cuadro bloqueado en el pique también trabaja en el soporte de bancos ya que están instalados a presión, eliminando los espacios abiertos del contorno bloqueado, ayudarán a amortiguar la caída de bancos; el diseño mediante cuadros de madera, comprende:

- Longarinas de 10" x 10" x 18' = 2 unidades
- Cabezales 10" x 10" x 7' =2 unidades.
- Divisores de 10" x 10" x 6' =2 unidades.
- Postes 10" x 10" x 6' = 8 unidades.
- Altura del cuadro = 2.0 m.

Para mayor detalle del maderamen: **(Ver Anexo N° 06 - Plano N° 06)**

Gráfico N° 5.2 Representación de Perno Helicoidal



Fuente: Propia

Tabla N° 5.15 Datos Técnicos del Perno Helicoidal

DATOS TECNICOS	
Diametro de la Barra	22 mm
Capacidad de Carga	12 Ton
Performance	> 2 Ton/pie
Carga de Rotura	18 Ton
Deformacion Axial	8%
Peso	2,98 Kg/m
Longitud	1,5/2,1 m
Diametro del Taladro	36 - 37 mm
Platina	4 x 200 x 200 mm

Fuente: Área de Geomecánica CIA Casapalca

Ver plano sostenimiento con P.H (Ver Anexo N° 07 – Plano N° 07)

5.4.1.4 Ventilación.

La ventilación del pique se efectuará mediante un sistema forzado donde se captará el aire del Niv-10, de las labores conectadas en la zona vetas, y también del mismo pique, de donde mediante ventiladoras en serie de 60,000 CFM y mangas de 18" de diámetro se suministrará el aire hasta la zona de trabajo. El aire viciado retornará por el mismo pique a la parte superior.

5.4.1.5 Bombeo.

En el pique el agua a producirse caerá a la parte baja del pique de donde mientras dure el ensanche se bombeará el agua mediante electrobombas, de 100 HP con caudales hasta de 150 Galones por minuto y alturas de cabeza de 70 m. Dependiendo del caudal de agua a encontrarse se instalará varias bombas en serie.

5.4.1.6 Enmaderado.

Conforme se hace la excavación del pique, se baja con el enmaderado de pino, que una vez instalados constara de tres compartimientos, uno para camino y servicios y dos compartimientos exclusivos para el izaje de mineral o desmonte, para ello es necesario que el ultimo maderamen este alejado del tope del pique mínimo 5 metros para evitar dañar los elementos del cuadro con el disparo, para una buena integración del cuadro deberán estar ajustados con el templador.

Para mayor detalle del templador ver: **(Anexo N° 14 – Plano N° 14)**

Para ver estándar de cuadro colgado ver: **(Anexo N° 17 y 19)**

Parámetros para la Instalación de Cuadro

- Longarinas de Pino de 10x10x18' = 02 piezas
- Postes de Pino de 10"x10"x 6' = 08 piezas
- Divisor de Pino 10"x10"x 7' = 02 piezas.
- Guía de pino de 5"x7"x 22' = 02 piezas
- Blocks de madera pino de 10"x10"cantidad =12 piezas / piso
- Templadores metálicos de 7/8 =12 piezas / cuadro
- Distancia de cuadro a cuadro = 2 mts
- Escaleras de madera = 5 ms
- Descansos de madera con espacio libre = 0.70 x 0.80 ms.
- Cortinas de tablas =1" con separación de 4"

Personal Requerido:

- Maestro Perforista 03
- Ayudantes de Perforista 03
- Winchero 01
- Timbrero 01

Para detalle de maderamen en pique (**Ver Anexo N° 06 – Plano N° 06**)

5.4.2 Mampostería del Pique 650

5.4.2.1 Estructuras de Soporte

En vista que el terreno en la zona de excavación era de muy buena calidad y por otro lado la sección es de regular dimensión, fue necesario utilizar soleras base para el soporte de los cuadros base cada 6 a 8 cuadros y en las estaciones de los diferentes niveles de trabajo la construcción de anillos de concreto.

A) Collar de Concreto

Teniendo en cuenta el peso total de nivel a nivel de aproximadamente de 15 Tm. La suma de las cargas del cuadro estación, cable, bloqueo y carga, se estableció un collar de concreto de 0.50 m. de espesor., reforzado con varillas de fierro de construcción de $\frac{3}{4}$ " y anclajes hacia las paredes del pique con fierro de construcción de 1".

En el collar también se instaló el piso de inicio o patrón dejando un metro del ras de nivel de estación para la instalación de solera base y solera cuadro con las medidas exactas del pique y que sirvió de patrón para el alineamiento y centrado de los cuadros en los pisos inferiores.

Para más detalle del anillo de concreto:

(Ver Anexo N° 23)

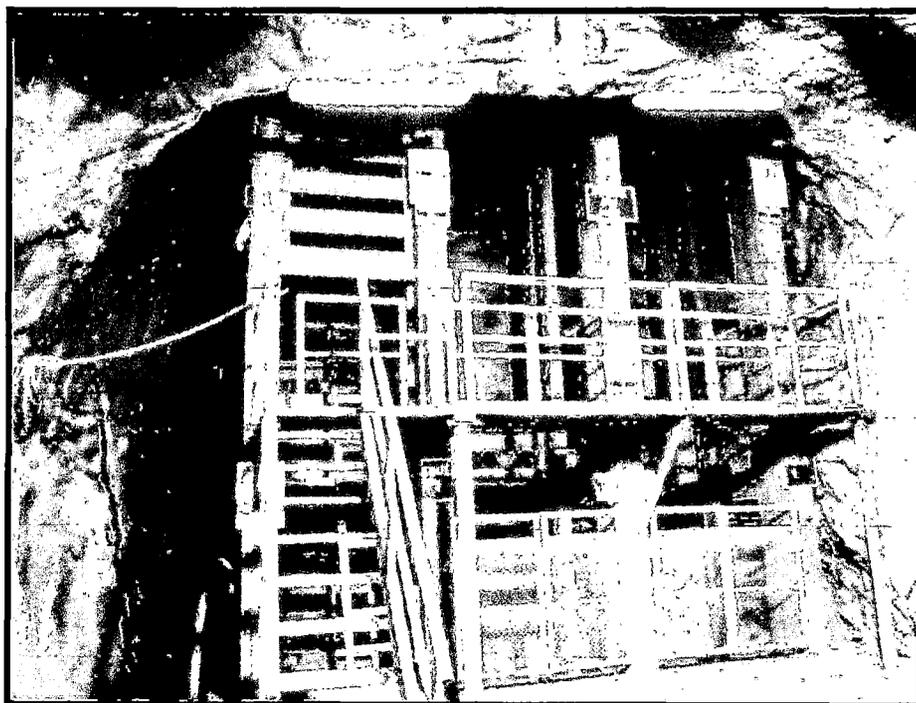
B) Soleras Base

Para soporte de los cuadros de madera se instalaron 4 soleras de madera con una separación de 60 pulgadas. De distancia, con dimensiones de 10 * 12 pulgadas * 8 pies de longitud cada uno, las mismas que permitieron dividir la sección del pique en 3 compartimientos y a la vez apoyar los descansos, escales, tuberías y cables eléctricos.

C) Cuadro Estación

En todos los niveles de trabajo se instalaron cuadros de estación de 5.0 metros de altura, para dar soporte a la cámara vacía de la estación se colocaron pernos helicoidales y shocrete de 4 cm, y colocar dispositivos de embarque y desembarque de personal y materiales.

Imagen N° 5.2: Cuadro Estación Nv 14



Fuente: Fotografía de la Estación del Pique en el Nivel 14.

Para ver en detalle evacuación de personal en estación y sistema de acumulación de mineral en nivel 14:

(Ver Anexo N° 10 – Plano N° 10)

Para detalle instalación de guías en el pique 650 ver:

(Anexo N° 22)

5.5. Ejecución de Pockets, Winze y Cámara Chancadora.

5.5.1 Construcción de Ore Pass y Waste Pass.

En el nivel 10 y 14 se construyeron un ore pass y un waste pass en cada nivel mencionado, una vez que ya se haya corrido a 50m por debajo del nivel 10 del pique 650, se dará inicio con la construcción de 02 chimeneas pilotos en forma ascendente de sección 1.20 x 2.40 m. de 02 compartimientos con una longitud de 30.00 m., hasta llegar al nivel 10 respectivamente, luego se efectuará el ensanche respectivo en forma descendente de los echaderos y finalmente se realizara el anillo de concreto de 50 cm de ancho por 6 m de altura de muro de concreto, del mismo modo se ejecutara en el nivel 14, dicha ejecución se hará con la finalidad de almacenarlo provisionalmente para después descargarlo en los Skips y así izarlo hasta el nivel superior de extracción que es el nivel 1.

Estos echaderos tendrán una capacidad de almacenamiento de 1,000 TM.; de donde se removerá un total de 672 m³. De material roto con un 40% de esponjamiento Por pocket.

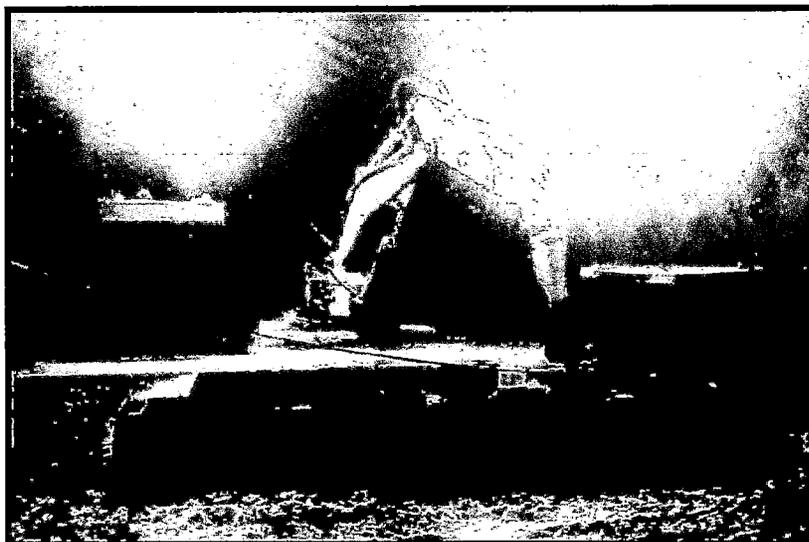
Para ver en detalle, ore pass y waste pass:

(Ver Anexo N° 11 y 12)

Para ver en detalle, Pocket del nivel 10:

(Ver Anexo N° 13 – Plano N° 13)

Imagen N° 5.3: Cámara Rompe Banco Nv 14



Fuente: Fotografía de la Estación del Pique en el Nivel 13.

5.5.2 Construcción de Chimeneas Auxiliares para Extracción (Winze).

Con la finalidad de realizar la extracción del material roto a lo largo del ensanche del pique rectangular en ciego, se realizarán chimeneas inclinadas de servicio de sección 1.20 x 2.40 m. de donde se extraerá el material mediante locomotoras destinadas específicamente para ello. A continuación se mencionará las chimeneas a construirse con las características respectivas:

CH – 345 (NV – 10) de sección 1.20 x 2.40	=	20.00 m.
CH – 661 (NV – 12) de sección 1.20 x 2.40	=	43.00 m.
CH – 638 (NV – 14) de sección 1.20 x 2.40	=	<u>20.00 m.</u>
		83.00 m.

Al finalizar el ensanche del pique en toda su longitud, estas chimeneas de servicio, se clausurarán definitivamente colocando barreras. El total de material roto a remover de estas labores, será de 334.656 m³.

5.5.3 Ensanche de Cámara para Equipamiento de Chancadora y Faja Transportadora.

En el nivel 10 se realizó desquinche para la cámara chancadora, la carga o mineral se recepciona del echadero del nivel 9 comunicado por una chimenea y acarreado por Dumper, el echadero cuenta con un anillo de concreto de 5m con parrilla de 20 cm X 20 cm de pase de carga, luego pasa a la chancadora dejando como máximo un diámetro de 10 cm. Conducido hacia el bolsillo de mineral con capacidad de almacenamiento de 1000 tn, el mismo que será izado por el pique hasta el nivel 01, en el nivel 14 se hizo lo mismo, una cámara chancadora con recepción de carga del nivel 13.

Para ver en detalle la sistema de chancado: **(Ver Anexo N° 09 – Plano N° 09)**

Imagen N° 5.4: Faja Transportadora Nv 14



Fuente: Fotografía de Faja Transportadora Nv. 14

5.6 Costos Unitarios de Construcción.

Los costos de unitarios de construcción del pique vertical 650 Alex se detallan en los cuadros siguientes:

Cuadro N° 5.1

COSTO UNITARIO DEL ENSANCHE PIQUE VERTICAL 650						
ENSANCHE 1.5M. DE DIAMETRO A 2.4M.X 5.6M.						
Labor	Pique 650	Longitud Taladro			6.00	pies
Tipo de Roca	Semidura	Avance/disparo			1.50	m
N° de Taladros perf	60	Avance/mes			20.00	m
Sección	2.4m. x 5.6m.	Limpieza			A pulso y chuteo	
RUBRO	Gdia	P.U	CANT.	Barreno/Din.	COSTO/METRO	
1.- MANO DE OBRA						
Perforista	2.5	42.50	3.0	318.75		
Ayudante	2.5	36.50	3.0	273.75		
Bodeguero	2.5	31.45	1.0	78.63		
					671.13	
<i>Leyes Sociales</i>		104.18%			699.15	913.51
Ingeniero de Residente	2.5	6,500	0.17	90.28		
Ingeniero de Seguridad	2.5	4,500	0.17	62.50		
Capataz	2.5	52.83	0.5	66.04		
<i>Leyes Sociales</i>		65.33%		142.95	361.77	241.18
2.- MATERIALES						
Semexa 65% 7/8" x 7"	Ct.	0.49	360	176.40		
Fanel (2.80 m)	Pz.	3.34	60	200.40		
Cordón Detonante	m.	0.46	18	8.28		
Carmex 2.70 m. (Unid.)	Pz.	1.42	2	2.84		
Pies perforados (Maq.Perf.)	Ft.	0.33	360	118.82		
Pies perforados (Maq.Perf.)	Ft.	0.17	360	59.41		
Pies perforados (barreno)	Ft.	0.24	360	86.40		
Manguera Jebe 1"	m.	0.03	60	1.80		
Manguera Jebe 1/2"	m.	0.02	60	1.20		
Piedra Esmeril		0.01	360	3.60		
Aceite de perforación		0.21	360	75.60	675.34	450.23
3.- IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD						
Ropa de Jebe		0.45	19.58	8.81		
Guantes de cuero		0.34	19.58	6.66		
Botas de jebe		0.27	19.58	5.29		
Mameluco		0.40	19.58	7.83		
Casco de seguridad		0.11	19.58	2.15		
Correa de seguridad		0.09	19.58	1.76		
Lampara a Batería		0.56	19.58	10.97	43.48	28.98
4.- HERRAMIENTAS						
Pico	2.5	0.29	2	1.45		
Lampa	2.5	0.25	4	2.50		
Comba de 12 Lb.	2.5	0.16	2	0.80		
Llave Stilson 14"	2.5	0.17	2	0.85		
Cucharilla	2.5	0.31	2	1.57		
Sacabarreno	2.5	0.38	2	1.88		
Atacador	2.5	0.46	2	2.32		
Punzon Cebador	2.5	0.12	1	0.30		
Barretilla de 7/8	2.5	0.50	2	2.51		
Barreta de 1.1/8	2.5	1.41	2	7.04		
Soplete	2.5	0.38	1	0.95	22.18	14.79
	Sub total					1,648.69
Utilidad	10%					164.87
Imprevistos	5%					82.43
Costo Directo / Mt.						1895.99
Alimentación						122.22
COSTO POR METRO LINEAL MAQ. PERF :						1,958.81
COSTO POR METRO LINEAL ATC :						2,018.22

Fuente: Propia

Cuadro N° 5.2

PRECIO POR M3 DE LIMPIEZA DE DESMONTE A PULSO EN EL PIQUE 650 ALEX				
DIMENSIONES	18.8 m. x 1.0 m. x 4.4 m.			
VOLUMEN DE CARGA	82.72	m2.		
TIEMPO	8	Guardias		
RUBRO	P.U	CANT.	Barreno/Din.	
1.- MANO DE OBRA				
Maestro P	8	42.50	2	680.00
Ayudante I	8	36.50	2	584.00
				1264.00
Alimentación			320.00	1584.00
Leyes Sociales	104.18%			1316.77
SUPERVISION EXTRA				
Ing. Resid	4	216.67	0.50	433.33
Ing Seguri	4	150.00	0.50	300.00
Capataz	8	52.83	1.00	422.64
Alimentación				1,155.97
Leyes Sociales	65.33%			144
				1,299.97
				755.20
2.- IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD				
Ropa de Jebe	0.45		64	28.80
Guantes de cuero	0.34		64	21.76
Botas de jebe	0.27		64	17.28
Mameluco	0.40		64	25.60
Casco de seguridad	0.11		64	7.04
Correa de seguridad	0.09		64	5.76
Respirador contra Polv	0.17		64	10.88
Tapones de Oido	0.01		64	0.64
Lampara a Bateria	0.56		64	35.84
				153.60
Sub total				5109.55
Utilidad 15%				766.43
Imprevisto: 2.5%				127.74
Resultado Global				6003.72
Costo Total m3 de Limpieza en el Pique				72.58

Fuente: Propia

Cuadro N° 5.3

INSTALACION DE UN CUADRO EN EL PIQUE RECTANGULAR 650

PARAMETROS						
Elementos por Cuadro:						
2 marcos maestros de 10"x 10"x15'						
2 cabezales 10"x 10"x 6' 7"						
2 divisores 10"x 10"x 5' 5"						
8 Postes 10"x 10"x 7'						
Tamaño de 2 m.						
RUBRO	P.U	CANT.	CANT.	CANT.	CANT.	COSTO/ CUADRO
1.- MANO DE OBRA						
Enmadera 2.5 guard.	42.50	5	212.50			
Ay.Enmade 2.5 guard.	36.50	5	182.50			
Vol./Prepa 2.0 guard.	36.50	4	146.00			
Bodeguero 2 guard.	31.45	1.5	47.18	588.18		
<i>Leyes Soci</i> 104.18%				612.73		1200.91
2.- SUPERVISION						
Capataz 2.5 guard.	62.83	2.5	132.08		86.29	218.36
Ing. De Tu 2.5 guard.	3500.00	1.00	3,560.00			
<i>Leyes Soci</i> 65.33%			2325.77	5,885.77		588.58
3.- IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD						
Costo por Tarea	7.06	18.00	127.08			127.08
4.- HERRAMIENTAS DE TRABAJO						
Comba, Corvina, Escuadra Nivel, Flexometro, Formones Azuela, Punta, llave Franc	2.50%	1200.91				30.02
Sub Total						2164.95
Utilidad 10%						216.49
Imprevisto 5.00%						108.25
Alimentación				155		155.00
Costo Directo						2644.69
COSTO POR CUADRO :					S/.	2,644.69
INSTALACION DE CUADRO / METRO :					S/.	1,322.34

CIA. MINERA CASAPALCA S.A.

PREPARACION E INSTALACION DE GUIAS (CUATRO GUIA DE 22 PIES, SECCION 5" X 6")

RUBRO	P.U	CANT.	CANT.	CANT.	CANT.	COSTO/METRO
1.- MANO DE OBRA						
Mano de Obra:						
Emmaderador Piquero	42.50	3	127.5			
Ayudante	36.50	6	219	346.50		
Alimentación				90.00		
<i>Leyes Soci</i> 104.18%				360.97		797.47
2.- IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD						
Costo por Tarea	7.06	9.0				63.54
3.- HERRAMIENTAS DE TRABAJO						
Comba, Corvina, Escuadra Nivel, Flexometro, Formones Azuela, Punta, llave Francesa	2.50%					19.94
Sub Total						880.94
Utilidad 10%						88.09
Imprevistos 5.0%						44.05
Costo Directo						1013.09
COSTO(4)/m de Guia						150.98

Colocacion de Escalera y descanso

42.34

COSTO TOTAL ENMADERADO DEL PIQUE POR METRO

1,839.63

Fuente: Propia

Cuadro N° 5.4: Resumen de PU de Ensanche Pique 650

1.- COSTO DE ENSANCHE PIQUE 650 NV. 10 AL 16

Descripción	Longitud	Cantidad	P. U. (\$)	P. U. (\$/TM.)	Costo Parcial (U.S.\$)
Pique sección 5.6X2.4	300 m.		940.59		282,177
Camara Winche 6.5x6x4.5	176 m3		65.30		11,460
Chimenea piloto para ensanche 1.2x1.2	98 m		181.23		17,761
Base de winche Auxiliar	15 m3		176.32		2,645
Instalación de Winche auxiliar	1 UN		15000.00		15,000
Instalación de polea	1 UN		600.00		600
Instalación de Cable de acero	340 m		5.21		1,771
Instalación de cuadro de pique vertical	300 m.		725.58		217,674
Preparación de cuadro para pique vertical	300 m.		107.99		32,396
Ensanche anillo de concreto	12 m.		1,443.72		17,686
Instalación de soleras base	75 UN		393.49		29,512
Instalación de vigas H como solera	8 UN		1,217.93		9,743
Instalación de guías de madera pino	200 UN		36.59		7,318
Extracción de desmonte en Nv. 16		10,483 ton		1.44	15,114
Extracción de desmonte en Nv. 10		10,483 ton		0.72	7,557
Izaje de desmonte por tonelada en Pique principal		10,483 ton		1.79	18,737
Instalación de tubería de 4" de polietileno	400 m.		4.22		1,688
Instalación de tubería de 1" de polietileno	400 m.		1.48		592
Instalación de descansos	400 m.		18.32		7,328
Tratamiento y bombeo de agua (Nv. 1600 - 1890)		2,190 m3	2.40		5,253
Instalación de cable eléctrico	400 m.		2.11		843
Sostenimiento con Pemos helicoidales	4,800 m.		13.06		62,706
Sostenimiento con Split set	900 m.		13.06		11,757
Instalación de escaleras	76 m		26.32		2,000
Preparación e instalación de plataformas de seguridad	160 m.		22.36		3,578
Instalación de entablado en pique	832.50 m2		16.55		13,778
					796,673
Otros/Imprevistos 15%					119,501.00
COSTO SUB-TOTAL PQ 650 NV. 10 AL NV. 16 (U.S. \$)					929,952

Fuente: Propia

Cuadro N° 5.5: Resumen de PU RB

2.- COSTO DE CHIMENEA PILOTO RAISE BORING NV.14 AL NV. 16

Descripción	Longitud	Cantidad	P. U. (\$/m.)	P. U. (\$/TM.)	Costo Parcial (U.S.\$)
Chimenea 650, sección 1.50	75 m.		2112.01		158,401
Chimenea RB sección 1.50	100 m.		400.00		40,000
Camara para la ejecución de la chimenea	2 UN		383.53		10,583
Sostenimiento con Pernos helicoidales	160 m.		13.06		2,090
					211,073
Otros/Imprevistos 15%					31,661.00
COSTO SUB-TOTAL CHIMENEA RB (U.S. \$)					242,734

Fuente: Propia

Cuadro N° 5.6: Resumen de PU Profundización Ciego

3.- COSTO DE PROFUNDIZACION PIQUE CIEGO 650 NV 10 AL NV 12

Descripción	Longitud	Cantidad	P. U. (\$/m.)	P. U. (\$/TM.)	Costo Parcial (U.S.\$)
Profundización pique ciego	108 m.		2112.01		228,097
Construcción de estación 6.5x6x6	234 m3		60.30		14,110
Instalación de cuadro de pique vertical	108 m.		725.58		78,362
Preparación de cuadro para pique vertical	108 m.		107.99		11,663
Ensanche anillo de concreto	2 UN		1443.72		2,887
Instalación de soleras base	64 m.		393.49		25,183
Instalación de vigas H como solera	4 UN		1,217.93		4,872
Instalación de guías de madera pino	72 UN		36.59		2,634
Extracción de desmonte en Nv. 18		3,774 m3		1.44	5,441
Extracción de desmonte en Nv. 10		3,774 m3		0.72	2,721
lizaje de desmonte por tonelada en Pique principal		3,774 m3		1.79	6,745
Instalación de tubería de 4" de polietileno	100		4.22		422
Instalación de tubería de 1" de polietileno	100 m.		1.48		148
Sostenimiento con pernos helicoidales	1,620 m.		13.06		21,157
					404,443
Otros/Imprevistos 15%					60,666.49
COSTO SUB-TOTAL PROFUNDIZACION CIEGO PIQUE NV 12 AL NV 14 (U.S. \$)					465,110

Fuente: Propia

Cuadro N° 5.7: Resumen de PU Infraestructura

4.- COSTO DE LABORES DE INFRAESTRUCTURA NV16:

Descripción	Unidad	Cantidad	P. U (\$/m.)	Costo Parcial (U.S.\$)
CRUCEROS 4.5 m x 5.0 m	m.	152.00	333.33	50,666.67
CRUCEROS 3.0 m x 3.0 m	m	79.00	222.22	17,555.56
CAMARA CHANCADORA	m3.	3,615.00	11.78	42,576.67
POCKET 1	m.	78.20	174.06	13,611.43
POCKET 2	m.	78.20	174.06	13,611.43
INCLINADO	m.	12.00	341.00	4,092.00
CAMARA DE CARGUIO	m3.	722.00	11.78	8,503.56
ANILLO DE CONCRETO	m3.	72.00	226.74	16,325.07
CHIMENEAS DE SERVICIO (WINCE)	m.	83.00	174.06	14,446.92
COSTO SUBTOTAL (U.S\$)				181,389.30
Otros/Imprevistos 15%				27,208.39
COSTO SUB-TOTAL LABORES INFRAESTRUCTURA (U.S.\$)				208,597.69

Fuente: Propia

Cuadro N° 5.8: Resumen de PU Cable para Winche

5.- COSTO DE CABLE PARA IZAJE (PARA 2 SKIPS):

Descripción	Unidad	Cantidad	P. U (\$/m.)	C. Parcial (U.S.\$)
ALTURA DEL PIQUE AMPLIADO	m.	1,200.00	38.00	45,600.00
DIAMETRO DE CABLE 1.5"	Plg.			
COSTO SUB-TOTAL CABLE PARA WINCHE ELECTRICO (U.S\$)				45,600.00

Fuente: Propia

Cuadro N° 5.9: Resumen de PU Enmaderado

8.- COSTO DE ENMADERADO EN PIQUE RECTANGULAR NV.10 AL NV.16:

Descripción	Unidad	Cantidad	P. U. (U.S.\$)	C. Parcial (U.S.\$)
COSTO DE MADERA \$/Pie2.	Pie2.	185,000.00	1.48	273,800.00
COSTO UNITARIO DE ENMADERADO \$/m.	m.	300.00	614.25	184,275.00
COSTO SUB-TOTAL DE ENMADERADO (U.S\$)				458,075.00

Fuente: Propia

Cuadro N° 5.10: Resumen de PU Contingencia

10.- GASTOS DE CONTINGENCIAS:

Descripción	Unidad	Cantidad	Total Variab	C. Parcial (U.S.\$)
CONTINGENCIAS DE COSTOS VARIABLES	Unidad	15.00%	458,075.00	68,711.25
COSTO SUB-TOTAL CONTINGENCIAS (U.S\$)				68,711.25

Fuente: Propia

5.7 Costos Totales de Construcción.

Los costos totales, de construcción de la segunda etapa de profundización, del pique vertical 650 Alex desde el nivel 10 hasta el nivel 16, se detallan en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 5.11 Costos Totales del Pique

8. COSTO TOTAL DE LA EJECUCION DEL PIQUE 650 DEL NV 10 AL NV 16

COSTO SUB-TOTAL PQ 650 NV. 10 AL NV. 16 (U.S. \$)	929,952
COSTO SUB-TOTAL CHIMENEA (U.S. \$)	242,734
COSTO SUB-TOTAL PROFUNDIZACION CIEGO PIQUE NV 10 AL NV 12 (U.S. \$)	465,110
COSTO SUB-TOTAL LABORES INFRAESTRUCTURA (U.S. \$)	208597.7
COSTO SUB-TOTAL CABLE PARA WINCHE ELECTRICO (U.S\$)	45600
COSTO SUB-TOTAL DE ENMADERADO (U.S\$)	458075
COSTO SUB-TOTAL CONTINGENCIAS (U.S\$)	68711.25
COSTO TOTAL DE EJECUCION PIQUE 650	2418780

Fuente: Propia

CAPÍTULO VI

EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA

6.1 Valor del Mineral.

De acuerdo a las leyes resultados de la cubicación de reservas, las cotizaciones, recuperación metalúrgica y contrato de venta del mineral, el valor del mineral es de 58.60 US \$/TM.

6.2 Valor de la Producción

La producción actual de mineral de cabeza es de 150,000 TMS/mes cuyo valor es de 58.60 \$/TM, por lo que el valor de la producción resulta:

Valor producción mensual = $58.60 \text{ \$/TM} \times 150,000 \text{ TM} = \$ 8'790,000$

Valor de la producción anual = $\$ 8'790,000 \times 12 = \$ 105'480,000$

6.3 Vida de la Mina.

Al ritmo actual de producción y conforme a las reservas de mineral cubicadas al 31 de diciembre del 2014, la vida de la mina resulta.

Reservas = 10'591,942 TMS

Tonelaje de mineral explotado a la fecha = 150,000 TM x 9 meses = 1'350,000 TM.

Tonelaje de mineral que queda = 10'591,942 – 1'350,000 = 9'241,942 TMS

Vida mina = $\frac{9'241,942}{1'800,000} = 5.13 = 5$ años.

6.4 Costo de Operación y Producción.

El costo de operación y producción en la Mina Casapalca, está dado por los siguientes rubros:

ITEMS	US \$/TM
Costos de exploración	0.90
Costos de desarrollo y preparación	1.25
Costo de explotación	4.80
Costos directos mina	3.70
Costo de tratamiento mineral	4.10
Costos directos planta concentradora	2.45
Costo de financieros	1.10
Costos administrativos	1.40
Gastos de venta	<u>2.30</u>
Total	22.00

6.5 Inversiones.

El costo de inversiones a realizarse en la profundización del pique vertical 650 Alex, resulta en US \$ **7'832,622**.

6.5.1 Cronograma de Inversiones.

La profundización del pique vertical en ciego se ejecutara en un tiempo total de 20 meses, con un avance de 15 metros por mes para 300 metros, por lo mismo que es ciego amerita hacer limpieza a pulso desde el nivel 10 hasta el nivel 12.

La continuación de la profundización de ensanche con chimenea piloto será de 15 metros por mes a partir del nivel 12 hasta el nivel 14, y finalmente se concluirá con el ensanche del RB del nivel 14 al nivel 16, luego la limpieza de carga será evacuada por el piloto, y acarreo de desmonte del pie de la chimenea, tanto para la chimenea convencional y con RB, en ambos casos ya no se hará la actividad de izaje de desmonte.

Por lo tanto la profundización se hará en: $300\text{m}/15\text{m} = 20$ meses

La inversión de la profundización será = **7'888,562\$**

6.6 Estados Financieros.

A fin de poder realizar la evaluación económica del proyecto de profundización del Pique Vertical 650 Alex, se ha elaborado los estados de ganancias y pérdidas como también el flujo de fondos.

6.7 Evaluación Económica Financiera del Proyecto

6.7.1 Costo de Oportunidad (COK).

Para hallar el costo de oportunidad se empleó el programa Excel, y los datos se obtuvieron a partir del cuadro 6.1:

Cuadro N° 6.1
INVERSIONES (Miles U.S. \$)

Inversión Fija Tangible	
Labores Mineras	1,536,699
Cierre de Minas	438,181
Construcción de Obras Civiles	363,000
	2,337,880
Inversión Fija Intangible	
Estudio del proyecto	350,682
Puesta en marcha	200,000
	550,682
Inversión en Capital de Trabajo	
Efectivo disponible	2,000,000
Inventario Inicial	3,000,000
	5,000,000
Total Inversiones	7,888,562

DETERMINACION DEL CUADRO
INVERSIÓN - FINANCIAMIENTO

INVERSIÓN	APORTE PROPIO		FINANCIAMIENTO		TOTAL	
	US\$	%	US\$	%	US\$	%
Fija Tangible	2,337,880	29.64	1,895,630	100.00	2,337,880	29.64
Fija Intangible	550,682	6.98	-	-	550,682	6.98
Capital de Trabajo	5,000,000	63.38	-	-	5,000,000	63.38
TOTAL	7,888,562	100.00	1,895,630	100.00	7,888,562	100.00

Fuente: Propia

6.7.2 Valor Actual (Van).

Para hallar el valor actual neto del proyecto, se ha tomado los flujos de caja netos Grafico 6.2, y considerando una tasa de actualización del 12 %, el cálculo del VP es como sigue:

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

Donde:

Vt: Representa los flujos de caja en cada periodo t.

I₀: Es el valor de desembolso inicial de la inversión.

n: Es el número de periodos considerados.

K: d o TIR, es el tipo de interés.

6.7.3 Tasa Interna de Retorno (TIR).

Para el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) se calculó con el programa

Excel y los datos se obtuvieron a partir de grafico 6.2:

$$\text{VAN} = 0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{\text{FC}_t}{(1+\text{TIR})^t}$$

Donde:

VAN = Valor actual neto

FC = Flujo de caja

TIR = Tasa interna de retorno

I₀ = Inversión Inicial

t = Tiempo

n = Número de periodos

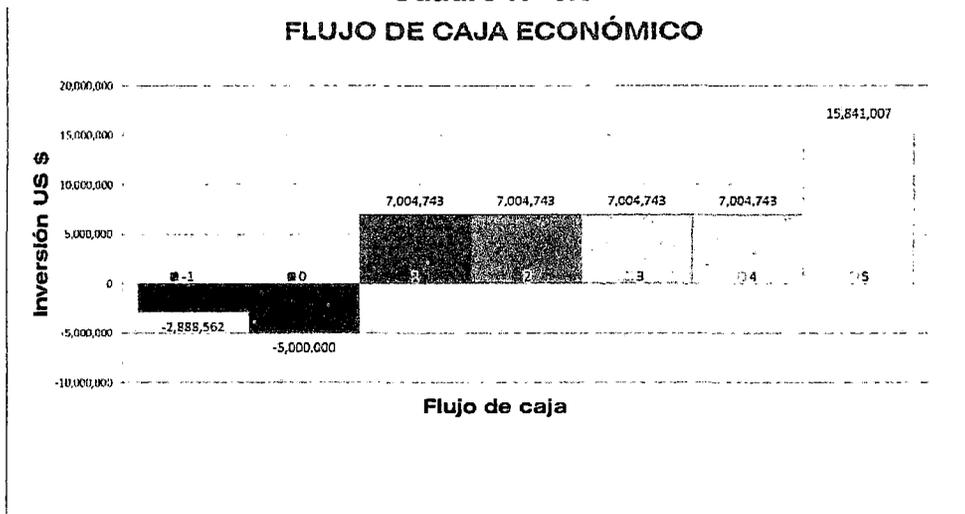
Cuadro N° 6.2
ESTADO DE FLUJO DE CAJA PROYECTADO (SIN FINANCIAMIENTO)

CONCEPTO//AÑOS	-1	0	1	2	3	4	5
Ventas Netas			47,509,458	47,509,458	47,509,458	47,509,458	47,509,458
Valor Residual o Desecho							7,783,048
Costo de Producción			17,836,315	17,836,315	17,836,315	17,836,315	17,836,315
Utilidad Bruta			29,673,143	29,673,143	29,673,143	29,673,143	37,456,190
Gastos de Ventas			6,485,933	6,485,933	6,485,933	6,485,933	6,485,933
Gastos Administrativos			8,107,416	8,107,416	8,107,416	8,107,416	8,107,416
Utilidad Operativa			15,079,794	15,079,794	15,079,794	15,079,794	22,862,841
Depreciación Tangibles			467,576	467,576	467,576	467,576	467,576
Amortización de Intangibles			110,136	110,136	110,136	110,136	110,136
Derechos Mineros			50,000	50,000	50,000	50,000	50,000
Regalías			1,055,586	1,055,586	1,055,586	1,055,586	1,600,399
Remediación Ambiental			180,000	180,000	180,000	180,000	180,000
Utilidad Antes de Impuestos			13,216,496	13,216,496	13,216,496	13,216,496	20,454,730
Impuesto a la Renta 30%			3,964,949	3,964,949	3,964,949	3,964,949	6,136,419
Participación Accionistas 9%			1,189,485	1,189,485	1,189,485	1,189,485	1,840,926
Participación trabajadores 8%			1,057,320	1,057,320	1,057,320	1,057,320	1,636,378
Inversiones:							
Inversión Fija Tangible	2,337,880						
Inversión Fija Intangible	550,682						
Inversión Capital de Trabajo		5,000,000					
Recupero de Capital de Trabajo							5,000,000
FLUJO CAJA ECONÓMICO	-2,888,562	-5,000,000	7,004,743	7,004,743	7,004,743	7,004,743	15,841,007

CONCEPTO//AÑOS	-1	0	1	2	3	4	5
FLUJO CAJA ECONÓMICO	-2,888,562	-5,000,000	7,004,743	7,004,743	7,004,743	7,004,743	15,841,007

Fuente: Propia

Cuadro N° 6.3
FLUJO DE CAJA ECONÓMICO



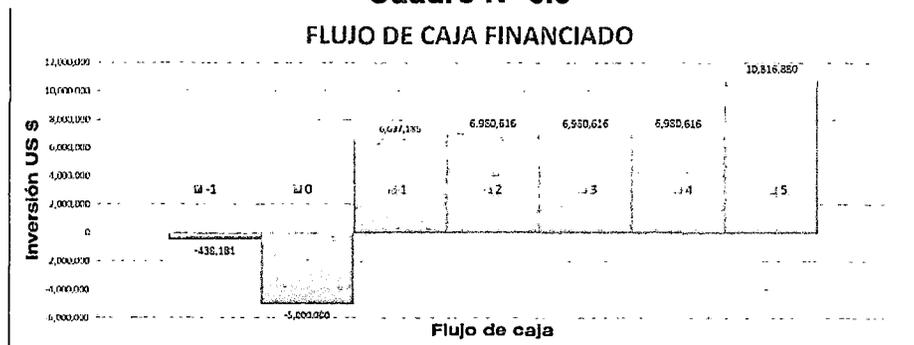
Fuente: Propia

Cuadro N° 6.4
ESTADO DE FLUJO DE CAJA PROYECTADO (CON FINANCIAMIENTO)

CONCEPTO//AÑOS	-1	0	1	2	3	4	5
Ventas Netas			47,509,458	47,509,458	47,509,458	47,509,458	47,509,458
Valor Residual o Desecho							7,783,048
Costo de Producción			17,836,315	17,836,315	17,836,315	17,836,315	17,836,315
Utilidad Bruta			29,673,143	29,673,143	29,673,143	29,673,143	37,456,190
Gastos de Ventas			6,485,933	6,485,933	6,485,933	6,485,933	6,485,933
Gastos Administrativos			8,107,416	8,107,416	8,107,416	8,107,416	8,107,416
Utilidad Operativa			15,079,794	15,079,794	15,079,794	15,079,794	22,862,841
Depreciación Tangibles			467,576	467,576	467,576	467,576	467,576
Amortización de Intangibles			110,136	110,136	110,136	110,136	110,136
Derechos Mineros			50,000	50,000	50,000	50,000	50,000
Regalías			1,055,586	1,055,586	1,055,586	1,055,586	1,600,399
Remediación Ambiental			180,000	180,000	180,000	180,000	180,000
Utilidad Antes de Impuestos e			13,216,496	13,216,496	13,216,496	13,216,496	20,454,730
Préstamo	2,450,381						
Amortización de Préstamo			0	-343,430	-394,945	-454,187	-522,314
Intereses o Gastos Financieros			367,557	367,557	419,072	478,313	546,441
Utilidad Antes de Impuestos			12,848,939	13,192,369	13,192,369	13,192,369	20,430,603
Impuesto a la Renta 30%			3,964,949	3,964,949	3,964,949	3,964,949	6,136,419
Participación Accionistas 9%			1,189,485	1,189,485	1,189,485	1,189,485	1,840,926
Participación trabajadores 8%			1,057,320	1,057,320	1,057,320	1,057,320	1,636,378
Inversiones:							
Inversión Fija Tangible	2,337,880	0					
Inversión Fija Intangible	550,682	0					
Inversión Capital de Trabajo	0	5,000,000					
Recupero de Capital de Trabajo							5,000,000
FLUJO CAJA FINANCIADO	-438,181	-5,000,000	6,637,186	6,980,616	6,980,616	6,980,616	10,816,850

Fuente: Propia

Cuadro N° 6.5
FLUJO DE CAJA FINANCIADO



Fuente: Propia

El resumen de resultados del COK, VAN y TIR, se detallan A continuación:

Cuadro N° 6.6

SIN FINANCIAMIENTO		
COK	VAN	TIR
13%	17,375,902	40%

Fuente: Propia

Cuadro N° 6.7

CON FINANCIAMIENTO		
COK	VAN	TIR
13%	21,100,353	114%

Fuente: Propia

6.8 Periodo de Retorno.

Se detalla el periodo de retorno:

Cuadro N° 6.8

ESTRUCTURA DEL PAGO DEL SERVICIO DE LA DEUDA

PAGO DEL SERVICIO DE LA DEUDA

	I	II	III	IV	V	VI
Año	SDI	Interés 15%	C + I	SD	SDF	Amortización Principal
1	2,450,381	367,557	2,817,938	367,557	2,450,381	0
2	2,450,381	367,557	2,817,938	24,127	2,793,811	-343,430
3	2,793,811	419,072	3,212,883	24,127	3,188,756	-394,945
4	3,188,756	478,313	3,667,069	24,127	3,642,943	-454,187
5	3,642,943	546,441	4,189,384	24,127	4,165,257	-522,314
		2,178,941		464,065		-1,714,876

Fuente: Propia

6.9 Resultados de la Evaluación Económica-Financiera.

El monto a invertirse en la construcción del Pique vertical 650 Alex es menor a las utilidades a generarse como producto de la venta de concentrados que la explotación de mineral generará dentro del tiempo que la construcción demorará.

El valor actual neto es mayor a 1, la rentabilidad de la inversión es del 114 % y lo el tiempo de recuperación del capital es 5 años; indicadores económicos que justifican la profundización porque permitirá explotar las reservas de mineral cubicadas debajo del nivel 10 al nivel 16.

CONCLUSIONES

- Se opta por profundizar el pique vertical 650 en la zona de cuerpo Mery desde el nivel 10 hasta el nivel 16 por ser más dinámico en la extracción de mineral, de personal y además en casos de emergencia se evacua de en tiempo optimo al personal accidentado.
- La profundización del pique vertical tiene menor distancia desde el punto de izaje hasta el punto de descarga de mineral en el nivel 1 a diferencia del pique inclinado o la rampa.
- Con la extracción de mineral por el pique se contribuye con el medio ambiente ya que el impacto que pueda generar es mucho menor en torno a que la extracción fuera por rampa con equipos a combustión. Además la ventilación en interior mina es escasa conforme se va profundizando, contribuye en no contaminar el aire que es para consumo del personal, de esta manera puedan realizar sus actividades con normalidad.
- 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.
- Por el tiempo de vida que tiene la mina, según últimos sondajes 20 años más, la inversión es justificable ya que se recuperara de todos modos.

RECOMENDACIONES

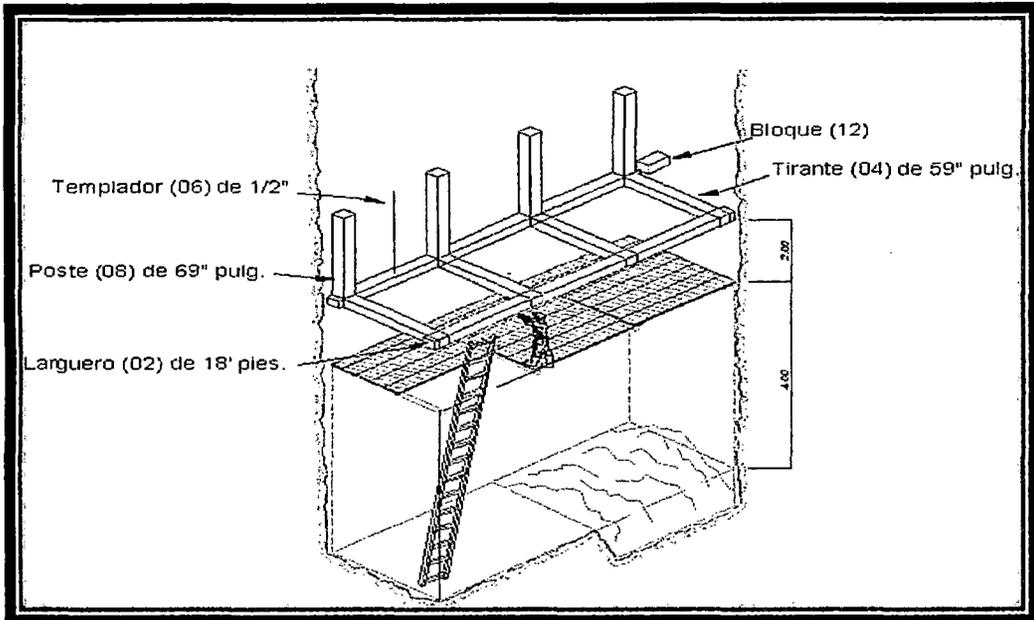
- Se recomienda ejecutar el pique por ser más dinámico en la extracción de mineral, personal. Además en casos de emergencia la evacuación del accidentado se realiza en menor tiempo.
- El pique tiene menor distancia en vertical a diferencia del pique inclinado o la rampa, haciendo que este sea más óptimo en tiempo de izaje.
- Por ser un sistema de izaje que opera a motor eléctrico, contribuirá con el medio ambiente caso muy diferente sucede con los equipos a combustión interna tales como: Volquetes, Dumpers, Scoops, etc.
- Es recomendable realizar el izaje de mineral ya que se contribuye con el medio ambiente, a diferencia de los equipos a combustión.
- Se recomienda continuar con la profundización por tener menor distancia hacia los echaderos de mineral en los niveles inferiores, ocasionando un sistema de extracción dinámica y económica.
- Se recomienda la construcción del pique por tratarse de una infraestructura con labor permanente ya que servirá para extraer mineral hasta el nivel 22 comparado con la rampa que por la distancia sería antieconómico.

BIBLIOGRAFÍA

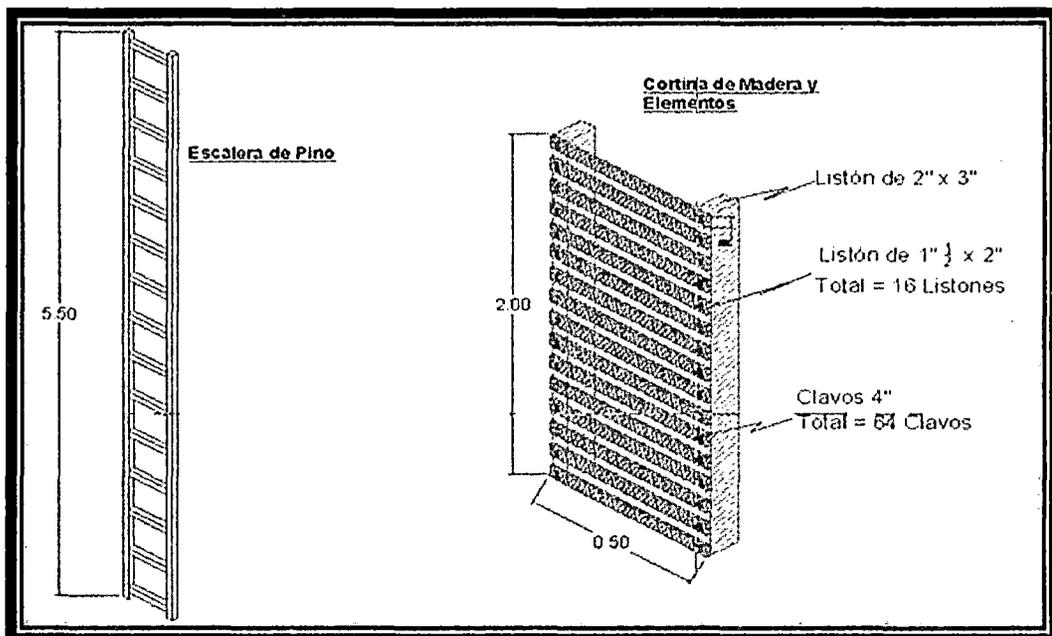
1. BERKIRCHER GARY. Cómo seleccionar el izaje en una mina según sus necesidades. EMJ setiembre 1999.
2. CATÁLOGO. Handbook de cables y winches de izaje. Armco Steel Corporation USA 200.
3. CEMAL BIRON ERGIN ARIOGLU. Diseño de ademes en minas. Primera edición. Editorial Limusa. México 1997.
4. HARMONJAMES H. Sistemas de izaje en minería. Libro de la AIME 1998.
5. HOEK AND BROWN. Excavaciones subterráneas en roca. Editorial Mc Graw Hill. New York 1990.
6. LÓPEZ JIMENO C. Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras. Editorial Entorno Gráfico S.L. Madrid 1997.
7. PROLANSA. Cables para izaje en minería y obras civiles. Lima 2005.
8. http://geco.mineroartesanal.com/tikidownload_wiki_attachment.php?attId=631

ANEXOS

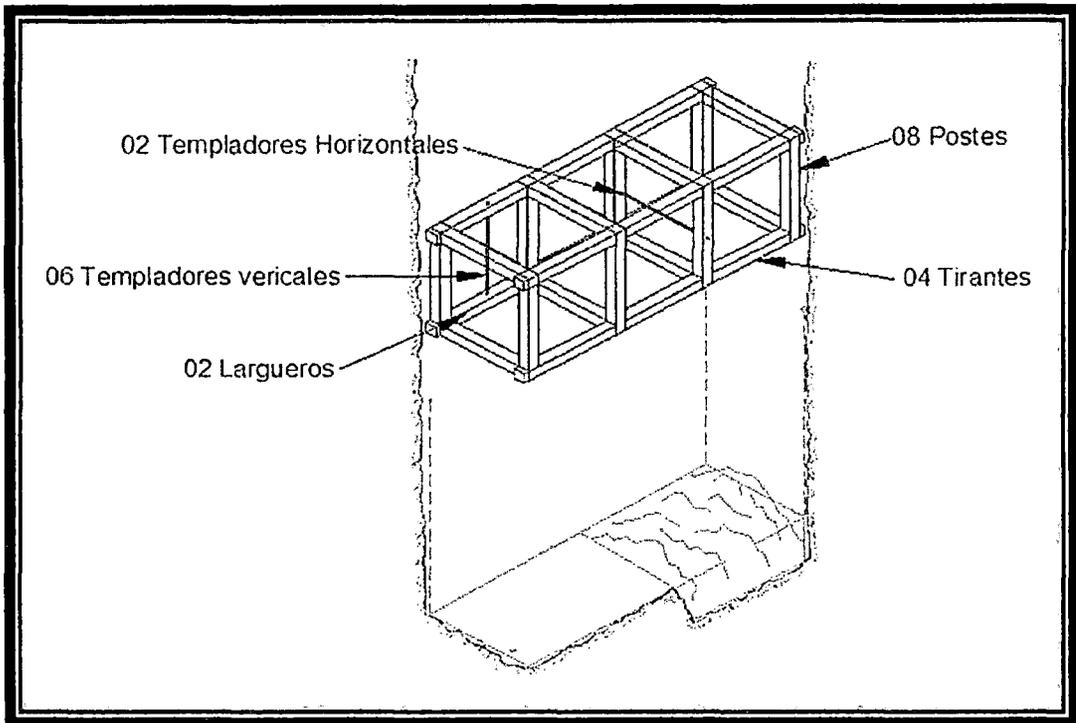
ANEXO N° 17: Recuperación de cuadro en pique



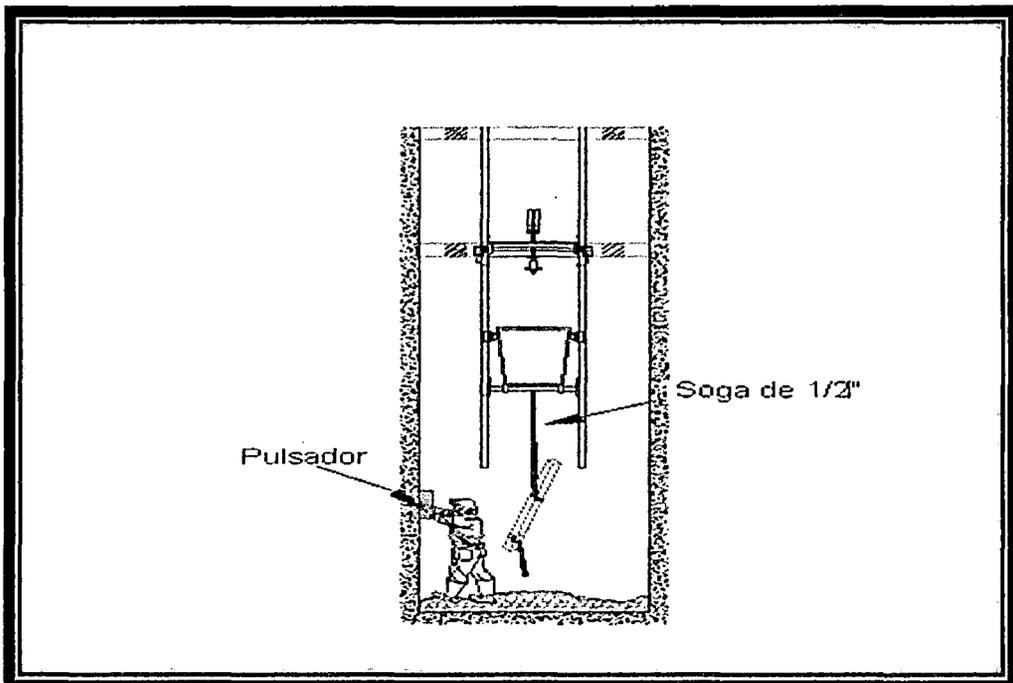
ANEXO N° 18: Estandarización con Cortina de Madera y escalera



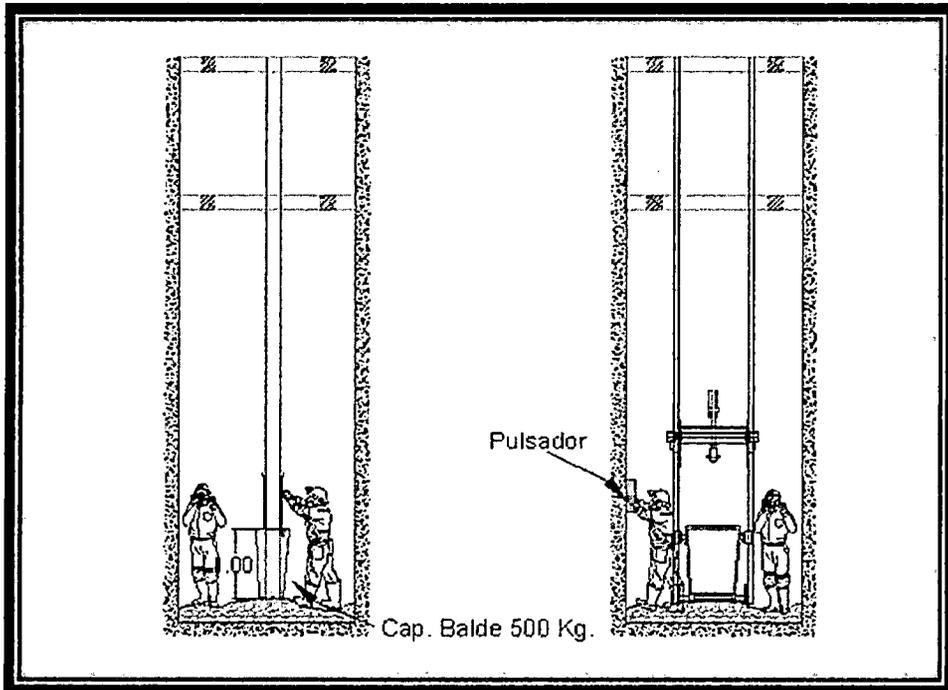
ANEXO N° 19: Cuadro Armado de tres Compartimientos en Pique



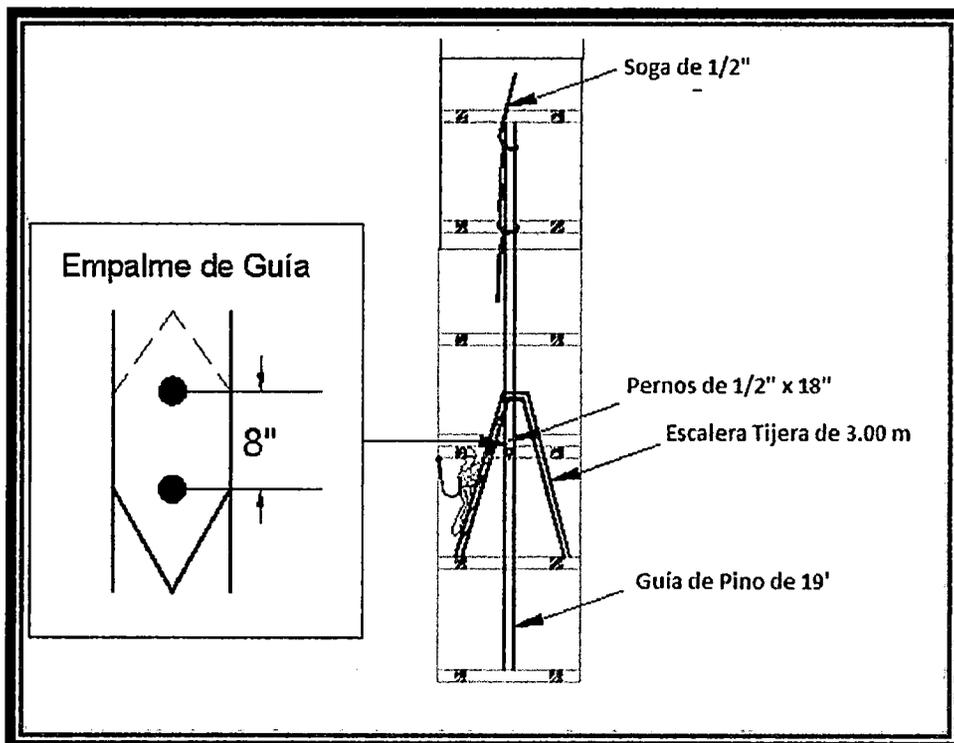
ANEXO N° 20: Sistema de Izaje de Materiales



ANEXO N° 21: Limpieza en el Fondo Piques

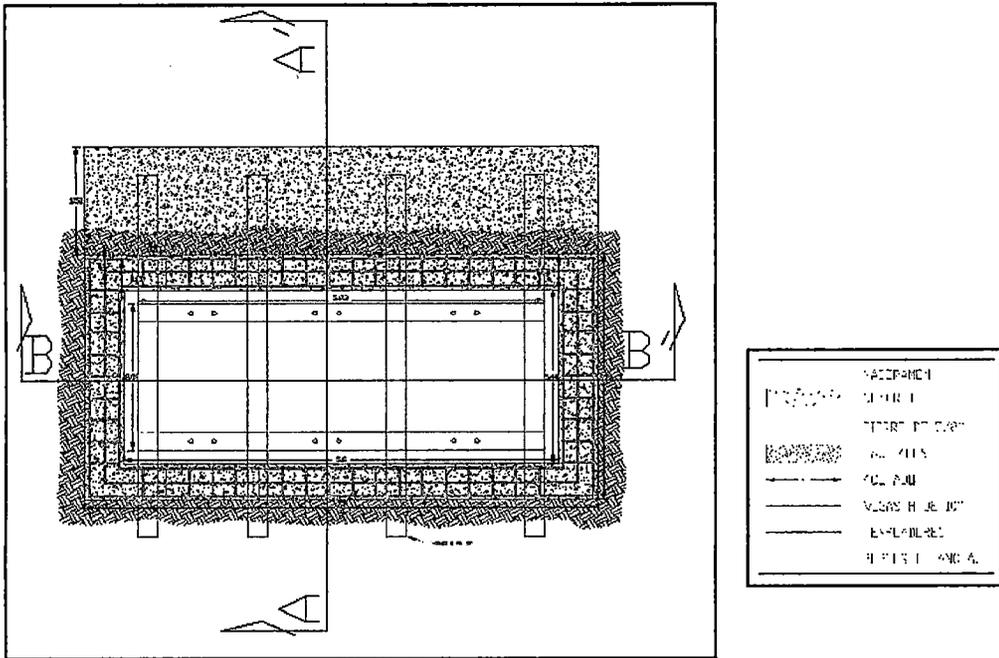


ANEXO N° 22: Instalación de Guías en Piques

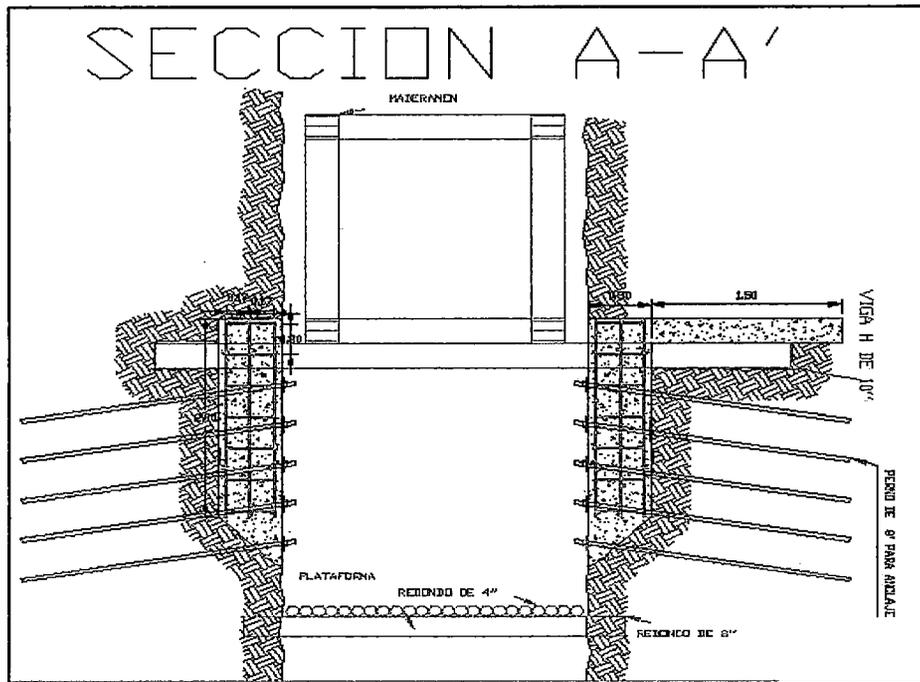


ANEXO N° 23: Especificaciones del Diseño del Muro de Concreto

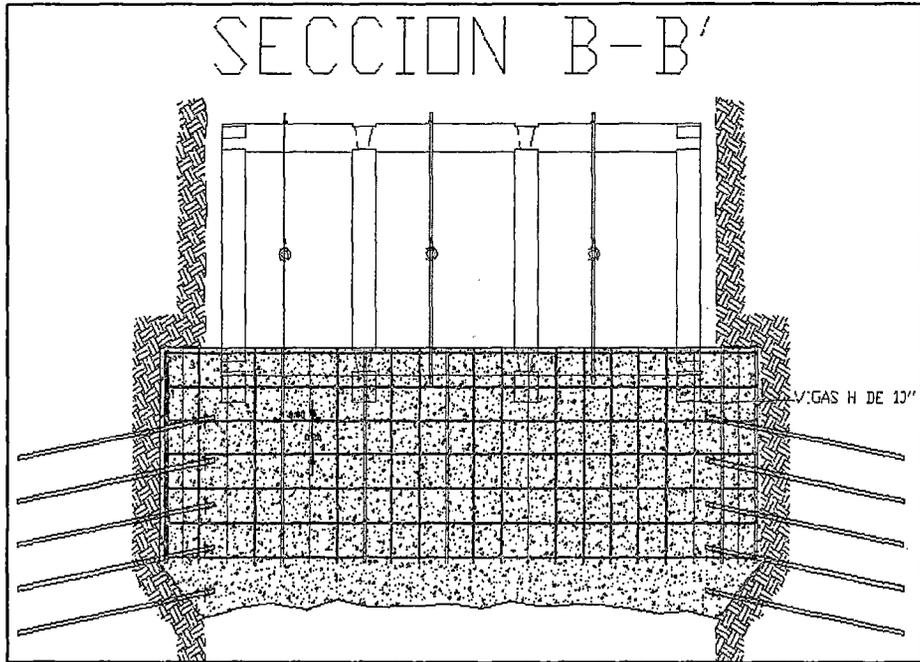
Detalles del Muro de Concreto en Corte 'AA' y 'BB'.



Detalles de Corte 'A-A'



Detalles de Sección 'B-B'



BIBLIOTECA E INFORMACION
CULTURAL
U.N.S.C.H.