

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
CIVIL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS:

**Diseño y simulación del pique inclinado 719 para el incremento
de la producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del
Inca 2024**

Para optar el título profesional de:
INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR:
Bach. Aquiles TORRES LICAPA

ASESOR:
Msc. Ing. Kelvis BERROCAL ARGUMEDO

AYACUCHO PERÚ

2025

Dedicatoria

A mis padres, por ser mi raíz, mi impulso y mi refugio, por su esfuerzo incansable, por sus palabras de aliento en los días difíciles, y por enseñarme que la perseverancia vale más que cualquier talento. Este logro también es suyo.

Y a mí mismo, por no rendirme, por creer en mí, y por llegar hasta aquí.

Agradecimiento

A Dios, por darme fuerza y claridad en cada paso. A mis padres, por su amor, sacrificio y fe en mí. A mis profesores, por compartir su conocimiento y exigirme siempre lo mejor.

RESUMEN

El presente trabajo de tesis está referido al diseño y simulación del pique inclinado 719 para el incremento de la producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024 y tiene el objetivo de diseñar y simular el pique inclinado 719 para incrementar la producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024. El tipo de investigación se orienta a una investigación aplicada con un diseño no experimental, la población está compuesta por las labores verticales e inclinados de la Unidad Minera Los Tesoros del Inca y toma como muestra al pique inclinado 719. En el desarrollo de la investigación se muestran los cálculos que se realizaron con el propósito de determinar la capacidad de extracción que tendrá el sistema, también se presentan las características del cable de izaje y dimensiones de las labores de preparación. Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron: planos de mina, planos geotécnicos y registros de la mina. La investigación permitió llegar a la conclusión de que el proyecto tiene un VAN de 5.38 millones, con un TIR de 161% y un índice de B/C de 5.68 permitiendo concluir que la simulación del pique inclinado reduce los tiempos de extracción, evidenciando una mejora significativa de la eficiencia de producción.

Palabras claves: *Pique inclinado, simulación, diseño, planeamiento, profundización, sistema de extracción.*

ABSTRAC

This thesis refers to the design and simulation of the 719 inclined shaft to increase hoisting production at the Los Tesoros del Inca 2024 Mining Unit and aims to design and simulate the 719 inclined shaft to increase hoisting production at the Los Tesoros del Inca 2024 Mining Unit. The type of research is oriented towards applied research with a non-experimental design. The population is composed of the vertical and inclined workings of the Los Tesoros del Inca Mining Unit, and the sample is taken from inclined shaft 719. The research shows the calculations that were made to determine the extraction capacity of the system, as well as the characteristics of the hoisting cable and the dimensions of the preparatory work. The instruments used for data collection were: mine plans, geotechnical plans, and mine records. The research led to the conclusion that the project has a NPV of \$5.38 million, with an IRR of 161% and a B/C ratio of 5.68, allowing us to conclude that the inclined shaft simulation reduces extraction times, demonstrating a significant improvement in production efficiency.

Keywords: *Inclined chipping, simulation, design, planning, deepening, extraction system.*

INDICE

I	INTRODUCCION	1
1.1	Planteamiento del problema	1
1.2	Formulación del problema	4
1.2.1	Formulación del problema general	4
1.2.2	Formulación del problema específico	4
1.3	Objetivo	4
1.3.1	Objetivo general	4
1.3.2	Objetivos específicos.....	5
1.4	Importancia y justificación del proyecto	5
1.4.1	Importancia.....	5
1.4.2	Justificación teórica	5
1.4.3	Justificación metodológica.....	6
1.4.4	Justificación práctica	8
1.5	Alcance y limitaciones	9
1.5.1	Alcance.....	9
1.5.2	Limitaciones	10
II	Marco teórico.....	11
2.1	Antecedentes de la investigación	11
2.2	Bases teóricas	20
2.2.1	Extracción por pique inclinado de mina	20
2.2.2	Sistemas de izaje.	21
2.2.3	Pique minero	22
2.2.4	Piques verticales	23
2.2.5	Pique inclinado	23
2.2.6	Estructura del pique inclinado.....	25

2.2.7	Factores de diseño de un pique inclinado	25
2.2.8	Secciones para la construcción de un pique.....	30
2.2.9	Obligaciones normativas	31
2.2.10	Ampliación de piques	32
2.2.11	Perforación de piques.....	32
2.2.12	Voladura en piques.....	33
2.2.13	Carguío y transporte en pique.	33
2.2.14	Sostenimiento de piques	34
2.2.15	Conceptos teóricos.....	36
III	MATERIALES Y MÉTODOS	61
3.1	Diseño metodológico	61
3.1.1	Tipo de investigación.....	61
3.1.2	Nivel de Investigación.....	61
3.1.3	Diseño de investigación.....	61
3.1.4	Población y Muestra	62
3.1.5	Unidad de análisis.	62
1.1.1	Criterios De Inclusión y Exclusión.....	63
3.1.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	64
3.1.7	Instrumentos.....	64
3.1.8	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	65
3.2	Hipótesis.....	65
3.2.1	Formulación de hipótesis general.....	65
3.2.2	Formulación de hipótesis específicas	65
3.3	Variables e indicadores	65
3.3.1	Variable dependiente:.....	65
3.3.2	Variable independiente:.....	66
3.3.3	Operacionalización de las variables	66

3.4	Mina Los Tesoros del Inca.....	67
3.4.1	Ubicación.....	67
3.5	Acceso.....	69
3.6	Historia	69
3.6.1	Geología – Yacimiento Mineral.....	70
3.6.2	Geología Estructural.....	72
3.6.3	Geología Local	74
3.6.4	Descripción De Vetas	75
3.6.5	Veta Principal	75
3.6.6	Veta lucero	75
IV	Resultados y discusión.....	76
4.1	Desarrollo de la investigación.....	76
4.2	Geomecánica de la labor.....	77
4.2.1	Geomecánica del pique inclinado 719	77
4.3	Pique Inclinado 719	78
4.3.1	Condiciones del terreno en el área del inclinado	79
4.3.2	Planificación de labores del pique inclinado	80
4.3.3	Construcción de labores preliminares del proyecto	82
4.3.4	Construcción de labores del Pique Inclinado 719	93
4.3.5	Ciclo de trabajo en avance del pique inclinado.....	113
4.3.6	Mano de obra y equipos	119
4.3.7	Condiciones de trabajo	120
4.3.8	Diseño del sistema de extracción de izaje.....	120
4.3.9	Instalación de línea de cauville en pique Inclinado de 32°	138
4.3.10	Metodología de trabajo para el sistema de extracción: izaje y transporte	139
4.4	Costos de inversión	141
4.4.1	Costo de ejecución del pique inclinado 719.....	141

4.4.2	Costo de instalación y pernos y mallas electrosoldadas	148
4.4.3	Precio unitario de la instalación de rieles.....	153
4.4.4	Precio unitario de chimenea 1.2m x 1.5m.....	156
4.4.5	Costo de construcción de cruceros y cortadas	160
4.4.6	Cronograma de ejecución.....	160
4.4.7	Cálculo del costo total de la infraestructura del pique inclinado 719.....	161
4.4.8	Costos de inversión para la comunicación del pique inclinado 719 al Nv	162
4.4.9	Costo de desarrollo y preparación de la mina.....	163
4.5	Costo de inversión (CAPEX)	163
4.6	Costo de operación (OPEX)	164
4.7	Valorización de reservas y vida de la mina.....	164
4.7.1	Valorización del concentrado.....	164
4.7.2	Vida de mina	166
4.8	Comparación de sistema de extracción.....	169
4.9	Evaluación del costo unitario de extracción	170
4.9.1	Costo unitario extracción Pique inclinado 719	171
4.9.2	Costo unitario de extracción del pique convencional	172
4.10	Evaluación del sistema de izaje.....	174
4.10.1	Costos de extracción de pique vertical vs Pique inclinado.....	175
4.11	Diseño y simulación en software Mineplan	178
4.11.1	Vista en planta de pique inclinado	178
4.11.2	Vista en perfil de pique inclinado	179
4.12	Proyecto inclinado 719 - Vista en perfil.....	179
4.12.1	Vista transversal de pique inclinado	180
4.13	Prueba de Hipótesis	180
4.13.1	Hipótesis general.....	180
4.13.2	Criterios de aceptación	181

4.13.3 Análisis de resultados.....	181
4.13.4 Decisión estadístico-técnica	182
4.13.5 Sustento teórico.....	183
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	188
ANEXOS	189

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Parámetros de un sistema de Izaje	46
Tabla 2.	<i>Coeficientes para el cálculo de número de taladros</i>	53
Tabla 3.	<i>Operacionalización de variables.....</i>	66
Tabla 4.	<i>Coordenadas de Mina Los Tesoros del Inca</i>	68
Tabla 5.	<i>Acceso a Mina Tesoros del Inca.....</i>	69
Tabla 6.	<i>Labores mineras del pique inclinado 719</i>	81
Tabla 7.	<i>Parámetros para cálculo de número de taladros</i>	101
Tabla 8.	Parámetros de roca para cálculo de Burden.....	101
Tabla 9.	Parámetros para cálculo de espaciamento	102
Tabla 10.	Resumen de burden y espaciamento de taladros	104
Tabla 11.	<i>Horarios de trabajo</i>	113
Tabla 12.	<i>Ciclo de trabajo para pique inclinado</i>	113
Tabla 13.	<i>Rendimiento de perforación y avance de pique inclinado.....</i>	114
Tabla 14.	<i>Avance de voladura de pique inclinado</i>	115
Tabla 15.	<i>Rendimiento de avance de pique inclinado 719</i>	116
Tabla 16.	<i>Parámetros para factor de esponjamiento</i>	116
Tabla 17.	<i>Equipos para pique inclinado 719.....</i>	120
Tabla 18.	<i>Catálogo Arias Calla 2013.....</i>	124
Tabla 19.	<i>Catálogo Wire & Rope Strand</i>	126
Tabla 20.	<i>Descripción y características de cable seleccionado</i>	127
Tabla 21.	<i>Cuadro de características de la tambora</i>	132
Tabla 22.	<i>Precios de mano de obra Obreros.....</i>	142
Tabla 23.	<i>Precios de mano de obra Supervisión</i>	143
Tabla 24.	<i>Precios unitarios de implementos de seguridad</i>	143
Tabla 25.	<i>Precios de materiales de perforación</i>	144

Tabla 26.	<i>Precio de herramientas</i>	145
Tabla 27.	<i>Precio de Explosivos y accesorios</i>	146
Tabla 28.	<i>Precio de máquina perforadora</i>	146
Tabla 29.	<i>Precio de energía y aire comprimido</i>	146
Tabla 30.	<i>Precio de alimentación movilidad y otros</i>	147
Tabla 31.	<i>Sub total de costos directos e indirectos</i>	147
Tabla 32.	Costo total de inclinado 719	148
Tabla 33.	Precios por mano de obra Obreros.....	148
Tabla 34.	Costo de mano de obra Supervisión.....	149
Tabla 35.	Precios de unitarios por implemento de seguridad	149
Tabla 36.	Precio unitario de materiales de perforación.....	150
Tabla 37.	Precio unitarios de herramientas	150
Tabla 38.	Precio unitario de máquina perforadora.....	151
Tabla 39.	Precio unitario de materiales	151
Tabla 40.	Precios unitarios de energía y aire comprimido	152
Tabla 41.	Precios unitarios de alimentación, movilidad y otros.....	152
Tabla 42.	Subtotal de costo por perno helicoidal.....	152
Tabla 43.	Costo total por instalación más malla electrosoldada	152
Tabla 44.	Precio unitario de mano de obra, Obreros.....	153
Tabla 45.	Precio unitario de mano de obra, Supervisión	153
Tabla 46.	Precio unitario de implementos de seguridad.....	153
Tabla 47.	Precio unitario de herramientas.....	154
Tabla 48.	Precio unitario de materiales	155
Tabla 49.	Precio unitario de energía y aire comprimido.....	155
Tabla 50.	Precio unitario de alimentación, movilidad y otros	155
Tabla 51.	Precio unitario de instalación de rieles	156
Tabla 52.	Precio total, precio de instalación de rieles rectos	156

Tabla 53.	<i>Precio total, precio Precio unitario de chimenea 1.2m x 1.5m</i>	156
Tabla 54.	<i>Precio unitario, mano de obra para chimenea 1.2m x 1.5m</i>	157
Tabla 55.	Precios unitarios de implementos de seguridad	158
Tabla 56.	Precios herramientas y otros	159
Tabla 57.	Precio Equipos de perforación.....	159
Tabla 58.	Precio Materiales de voladura	159
Tabla 59.	Total, de chimenea 1.2 x 1.5 por metro lineal	160
Tabla 60.	Costo de construcción de cruceros y cortadas	160
Tabla 61.	<i>Tiempo de ejecución del proyecto Pique inclinado 719</i>	160
Tabla 62.	Costo total de la infraestructura para proyecto inclinado 719	161
Tabla 63.	Costos de inversión para la comunicación del inclinado 719	162
Tabla 64.	Costos de desarrollo y preparación	163
Tabla 65.	Costo de inversión (CAPEX)	163
Tabla 66.	Costo de operación (OPEX)	164
Tabla 67.	Balance metalúrgico	165
Tabla 68.	Flujo de caja económico de pique inclinado 719	167
Tabla 69.	Costos por metros de avance para pique convencional	174
Tabla 70.	Costos por metros de avance para proyecto inclinado 719	175
Tabla 71.	Comparación de costos de avance entre pique inclinado y pique convencional	175
Tabla 72.	Cuadro comparativo de costos de extracción entre pique convencional y proyecto inclinado 719	175
Tabla 73.	Criterios de Hipótesis	181

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i>	<i>Modelamiento en Mineplan Mina Tesoros del Inca</i>	36
<i>Figura 2.</i>	<i>Simulación de Pique inclinado con carro minero</i>	37
<i>Figura 3.</i>	<i>Pique vertical con veta en el pendiente</i>	42
Figura 4.	Pique vertical Interceptando a la veta.....	43
Figura 5.	Estándar de pique inclinado	44
Figura 6.	Tambora de winche	48
Figura 7.	Motor de winche	49
Figura 8.	Malla de perforación en inclinados	54
<i>Figura 9.</i>	<i>Burden en voladura</i>	56
<i>Figura 10.</i>	<i>Espaciamiento entre taladros</i>	57
<i>Figura 11.</i>	<i>Perno Helicoidal</i>	58
<i>Figura 12.</i>	<i>Malla electrosoldada</i>	59
<i>Figura 13.</i>	<i>Cuadro de madera</i>	60
Figura 14.	Ubicación geográfica, Mina los Tesoros del Inca.....	68
<i>Figura 15.</i>	<i>Mapa geológico del yacimiento</i>	72
<i>Figura 16.</i>	<i>Mapa estructural, Mina Tesoros del Inca</i>	73
<i>Figura 17.</i>	<i>Geología local</i>	74
<i>Figura 18.</i>	<i>Tabla GSI modificada</i>	78
<i>Figura 19.</i>	<i>Chimenea camino Ch 408N</i>	82
<i>Figura 20.</i>	<i>Diagrama de perforación Ch camino</i>	84
<i>Figura 21.</i>	<i>Ch pocket (echadero desmonte y mineral)</i>	85
<i>Figura 22.</i>	<i>Ensanchamiento de pocket</i>	86
<i>Figura 23.</i>	<i>Diagrama de perforación para pocket</i>	87
<i>Figura 24.</i>	<i>Crucero para casa winche</i>	88
<i>Figura 25.</i>	<i>Crucero para cámara</i>	89

<i>Figura 26.</i>	<i>Crucero nivel de preparación.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 27.</i>	<i>Crucero doble vía para stand by.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 28.</i>	<i>Sección del pique inclinado 719</i>	<i>94</i>
<i>Figura 29.</i>	<i>Plano topográfico de inclinado, vista en planta</i>	<i>96</i>
<i>Figura 30.</i>	<i>Plano topográfico de inclinado, vista en perfil.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 31.</i>	<i>Plano topográfico de inclinado, vista transversal</i>	<i>98</i>
<i>Figura 32.</i>	<i>Estándar de gradines y rieles</i>	<i>99</i>
<i>Figura 33.</i>	<i>Sección de inclinado 2.4 x 2.1</i>	<i>100</i>
<i>Figura 34.</i>	<i>Diagrama de perforación para pique inclinado (2.4 x 2.1)</i>	<i>105</i>
<i>Figura 35.</i>	<i>Refugio vista lateral</i>	<i>106</i>
<i>Figura 36.</i>	<i>Refugios de seguridad de pique inclinado 719</i>	<i>106</i>
<i>Figura 37.</i>	<i>Refugios de seguridad, vista en planta</i>	<i>107</i>
<i>Figura 38.</i>	<i>Refugios de seguridad, vista en perfil.....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 39.</i>	<i>Tabla GSI modificado Tesoros del Inca</i>	<i>109</i>
<i>Figura 40.</i>	<i>Plano geomecánico de pique inclinado 719.....</i>	<i>110</i>
<i>Figura 41.</i>	<i>Vista frontal de sección pique inclinado</i>	<i>111</i>
<i>Figura 42.</i>	<i>Estándar de sostenimiento con perno y malla</i>	<i>112</i>
<i>Figura 43.</i>	<i>Actividad de perforación en pique inclinado.....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 44.</i>	<i>Limpieza manual de pique inclinado 719.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 45.</i>	<i>Manga de ventilación.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 46.</i>	<i>Desatado de roca - desquinche</i>	<i>119</i>
<i>Figura 47.</i>	<i>Estructura de cable de alambre</i>	<i>123</i>
<i>Figura 48.</i>	<i>Diagrama de una tambora</i>	<i>130</i>
<i>Figura 49.</i>	<i>Diagrama del sistema de potencias para un sistema de extracción</i>	<i>133</i>
<i>Figura 50.</i>	<i>Diagrama de ciclo de izaje.....</i>	<i>141</i>
<i>Figura 51.</i>	<i>Precios unitarios, Materiales de perforación</i>	<i>157</i>
<i>Figura 52.</i>	<i>Diagrama de extracción anterior.....</i>	<i>169</i>

Figura 53.	Diagrama de extracción propuesta pique inclinado 719	170
Figura 54.	Distribución de costos del pique inclinado	173
Figura 55.	Distribución de costos de pique convencional	174
Figura 56.	Gráfico comparativo Producción por hora entre pique convencional y proyecto inclinado 719	176
Figura 57.	Gráfico comparativo entre precios extracción de pique convencional y proyecto inclinado 719	176
Figura 58.	Gráfico comparativo Producción por guardia entre pique convencional y proyecto inclinado 719	177
Figura 59.	Proyecto Inclinado 719 - Vista en planta	178

I INTRODUCCION

1.1 Planteamiento del problema

El sistema de extracción mediante izaje en las empresas en pequeña minería a nivel mundial a la fecha enfrenta desafíos significativos debido a que muchos de ellas inician como empresas inician como pocos presupuestos y cuentan con limitaciones tecnológicas, este problema se agudiza debido las empresas tiende a profundizar para continuar la explotación de los yacimientos. Las pequeñas operaciones mineras a menudo deben equilibrar costos con la eficiencia operativa, lo que afecta la implementación de sistemas avanzados de izaje. Según Macdonald y Rowlands (2019), las tecnologías del sistema de izaje varían ampliamente, en función al conocimiento, acceso de información y realidad de las minas y muchas empresas pequeñas empresas mineras dependen de equipos tradicionales que son menos eficientes y presentan mayores riesgos de seguridad, este indicador es similar especialmente en los países que carecen de inversión en infraestructura moderna y de deficiente tecnología (Macdonald & Rowlands, 2019).

América Latina se desarrolla la pequeña minería y minería ilegal donde frecuentemente enfrentan obstáculos asociados con la topografía y el acceso a tecnología avanzada para la extracción de labores profundas y utilizan como alternativa practica el izaje, a través, de labores provisionales o acondicionan labores para que sirva como izaje de mineral. La dependencia de métodos manuales y la utilización de equipos básicos sigue siendo relevante en este tipo de minería, lo que limita significativamente su capacidad de producción mediante izaje. Estudios como los realizados por Gómez y Pérez (2020) destacan que las inversiones en mejoras tecnológicas son definitivamente esenciales para superar

estos problemas que aquejan las pequeñas empresas mineras y que les permita incrementar la producción de las minas en las diversas regiones, trayendo en si la mejorar la seguridad y salud en el trabajo y la eficiencia operativa (Gómez & Pérez, 2020).

La pequeña minería en el Perú son una parte vital del sector minero, contribuyendo significativamente a la economía local, regional y del país. Sin embargo, estas operaciones enfrentan problemas particulares relacionados con el izaje de mineral debido a la variedad geológica y las condiciones muchas veces extremas de las minas en las diversas regiones del país. Según Castillo y Vásquez (2021), la mayoría de estas minas carece de acceso a sistemas de izaje avanzados, en la región de Ayacucho se cuentan con más de 8,000 mineros en proceso de formalización y que muchos de ellos en la actualidad vienen realizando la extracción mediante izaje este métodos tradicionales como el uso de malacates, sogas, que son menos eficientes y inseguros en el proceso de extracción de mineral, y el gobierno a través de las Direcciones Regionales de Minería y las organizaciones no gubernamentales han iniciado esfuerzos para mejorar estas condiciones a través de capacitación y acceso a tecnología, aunque es limitada debido a que la capacidad de soporte mediante profesionales y presupuesto no cubre toda la región de Ayacucho y se necesita una inversión continua para lograr mejoras sustanciales (Castillo & Vásquez, 2021).

En la unidad minera Los Tesoros del Inca, la extracción eficiente de mineral es un elemento crítico para cumplir con el plan de producción de mineral y el relleno en las distintas labores debido a que el tipo de rellenos es detrítico. Sin embargo, la operación actual de izaje presenta múltiples desafíos que afectan negativamente su rendimiento, esto debido a que se cuenta con un pique principal desde el nivel 05 hasta el nivel 11 y con una capacidad de skip de 0.9

tn, sin embargo, la geometría y capacidad de balde del pique principal limita la capacidad de transporte vertical, lo que se traduce en retrasos significativos y una subóptima utilización de los recursos mineros. Actualmente los trabajos de explotación se encuentran también en el nivel 16, durante los últimos semestres la producción tiene una tendencia decreciente a pesar de los esfuerzos por aumentar la mano de obra, teniendo como cuello de botella a la ineficiencia del sistema actual de izaje, que no solo conlleva mayores costos operativos, sino que también incrementa los riesgos de seguridad para los trabajadores, dada la complejidad y el esfuerzo adicional requerido para operar bajo estas condiciones. En respuesta a estos problemas en la presente investigación busca diseñar un sistema de izaje inclinado como solución innovadora para optimizar el izaje en la mina. Este diseño propone un método alternativo que, gracias a su configuración y componente tecnológico, idealmente permitirá aumentar considerablemente la capacidad de transporte con una capacidad de balde a 2 tm, sin comprometer la seguridad y salud de los trabajadores y la sustentabilidad económica de las operaciones mineras. La implementación de un sistema de izaje en el pique inclinado se presenta como una oportunidad para optimizar el proceso de extracción ya que permitirá acceder a los niveles actuales como el 16, eliminando cuellos de botella respecto a la necesidad de relleno y producción de mineral, razón por el cual se plantea el siguiente problema; ¿Cómo influye el diseño y simulación del pique inclinado 719 en el incremento de la producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024?, con el objetivo principal de este estudio es analizar, diseñar y evaluar un sistema inclinado que efectivamente incremente la producción de izaje, mejorando así la productividad en la unidad minera Los Tesoros del Inca.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Formulación del problema general

¿Cómo influye el diseño y simulación del pique inclinado 719 en el incremento de la producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024?

1.2.2 Formulación del problema específico

- ¿Como los parámetros geomecánicos del pique inclinado 719 influirán en el incremento de producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024?
- ¿En qué medida los parámetros de diseño del pique inclinado 719, influirá en el incremento de producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024?
- ¿Cómo será la factibilidad económica del diseño del pique inclinado 719 para mejorar el incremento de producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024?

1.3 Objetivo

1.3.1 Objetivo general

Diseñar y simular el pique inclinado 719 para incrementar la producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar los parámetros geomecánicos del pique inclinado 719, que influirán en el incremento de producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024
- Determinar los parámetros de diseño del pique inclinado 719, que influirá en el incremento de producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024
- Realizar la evaluación de la factibilidad económica del diseño del pique inclinado 719 para mejorar el incremento de producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024

1.4 Importancia y justificación del proyecto

1.4.1 Importancia

La presente investigación es de gran relevancia, ya que proporcionará un marco de referencia técnica para la implementación de diseños de piques inclinados en las pequeñas mineras que están en proceso de crecimiento. La evaluación y simulación de los distintos escenarios permite tener mayor probabilidad de éxito, esto ayuda en gran manera los programas de Hexagon con el mineplan

1.4.2 Justificación teórica

En el ámbito teórico, la integración de técnicas de simulación y modelado digital en el diseño de infraestructuras mineras (piques inclinados) representa un avance significativo. Mediante la validación y el análisis de distintos escenarios, se pueden identificar y corregir potenciales fallas, lo cual no solo optimiza la utilización de recursos, sino que también reduce los riesgos asociados a la

operación. Este proceso sistemático de análisis y refinamiento contribuye a la construcción de un marco de referencia aplicable a otras áreas de la ingeniería, ofreciendo pautas que fortalezcan la toma de decisiones en proyectos similares. Además, la utilización de este tipo de simulaciones a través de programas informáticos, facilita el desarrollo de modelos predictivos y de optimización, permitiendo una adaptación flexible a diversas condiciones geológicas y operativas.

El diseño y la simulación de piques inclinados se sustentan en teorías de mecánica de rocas, diseño de labores subterráneas y ingeniería de sistemas de izaje; la modelación permite relacionar parámetros geométricos (inclinación, sección, revestimiento) con variables operativas críticas como tiempo de ciclo de izaje, capacidad de carga y seguridad estructural, lo que posibilita predecir y optimizar el rendimiento del sistema antes de la construcción física (Zhao et al., 2023).

Por ello, esta investigación se realizó con el propósito de incrementar conocimientos en diseño y simulación de piques inclinados enfocados a pequeña minería y así aumentar la producción de izaje, cuyos resultados podrán sistematizarse en una propuesta para ser incorporada al acervo de la minería

1.4.3 Justificación metodológica

La técnica que se empleada para el diseño de la labor en mención fue la simulación y modelado digital. Para lo cual se realizó un análisis en detalle de las condiciones geológicas, identificando fallas y el tipo de roca predominante, así como un estudio geomecánico que incluyó el cálculo de parámetros como RQD, RMR, y GSI del macizo rocoso en la zona de profundización del pique.

Con esta evaluación se determinó si era necesario implementar algún tipo de sostenimiento activo o pasivo.

Posteriormente, se diseñó el pique considerando aspectos como su profundidad, ángulo de inclinación y la sección del frente donde se ejecutará la excavación. También se seleccionó el sistema de izaje adecuado para evacuar la carga fragmentada por la voladura hacia un nivel superior.

Además, se establecieron las especificaciones del U-35, incluyendo su capacidad, el grosor del cable de izaje con su respectivo factor de seguridad y la potencia del winche del motor a emplear. Cabe destacar que la limpieza será realizada manualmente por cuatro trabajadores, por lo que la capacidad del U-35 deberá ajustarse para evitar un desgaste excesivo durante el proceso.

Durante la ejecución del pique, se lleva a cabo una observación en campo para monitorear las etapas de perforación, voladura y limpieza, lo que permite controlar los tiempos de perforación, el consumo de explosivos y la cantidad de horas hombre necesarias para la limpieza manual.

Con la información recopilada, se procedió al cálculo de indicadores de rendimiento, tales como el número de taladros por voladura, la cantidad de explosivo utilizado por voladura, el factor de carga y potencia, así como la cantidad de toneladas procesadas por trabajador en cada turno.

Posteriormente, para evaluar la viabilidad del proyecto, se calculó el costo del metraje de avance (\$/m) y el coste de limpieza de las toneladas fragmentadas (\$/ton) durante la profundización del pique. Además, se estimó el posible incremento en el tonelaje de reservas de mineral.

De esta manera, se determinó el costo total de la profundización del pique inclinado y se evaluó su viabilidad económica y operativa. Esto permitirá el

incremento de producción de izaje, así como la evaluación de la factibilidad económica del diseño del pique inclinado 719 en la unidad minera Los Tesoros del Inca.

Por lo tanto, el diseño y simulación del pique inclinado ,ejecutado mediante el uso del software minero MinePlan y complementado con cálculos de geomecánica, determinación del número de taladros, avances y un análisis financiero riguroso (costos, VAN, TIR y tiempo de recuperación), constituyó una metodología integral que, una vez demostrada su validez y confiabilidad, podrá ser aplicada y replicada en futuros trabajos de investigación y en otras instituciones del ámbito de la ingeniería de minas.

1.4.4 Justificación práctica

En la práctica, muchas unidades mineras muestran limitaciones de capacidad de izaje que generan cuellos de botella productivos y costos operativos elevados; el diseño y la simulación del pique inclinado 719 permiten proponer soluciones técnicas (dimensiones del pique, sistema de izaje adecuado, mantenimiento predictivo) que aumenten la eficiencia del izaje y la disponibilidad operativa, reduciendo tiempos muertos y mejorando la continuidad de suministro de mineral a planta, con impacto directo en la producción y en indicadores económicos (Caso: tesis y proyectos de diseño de piques inclinados en universidades peruanas y estudios de optimización de izaje). Asimismo, mejoras prácticas en mantenimiento estratégico del izaje han demostrado incrementos de tiempo productivo y menores paradas no planificadas, lo cual respalda la relevancia operativa del estudio para la Unidad Minera Los tesoros del Inca

(Vera, 2022), propuso el diseño y planeamiento de un pique en una mina convencional de la empresa Minera Yanaquihua, con el objetivo de esbozar un sistema de extracción a través de labores inclinadas secuenciales con el fin de maximizar la producción en la veta troncal y reducir los costos de extracción en los niveles 1590 y 1690 de la Unidad Minera Yanaquihua S.A.C. Así mismo, la tesis presente busca diseñar y simular el pique inclinado 719 para incrementar la producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca, ayudando así a resolver el problema de la empresa y además sirviendo como base teórica para futuros estudios de investigación

1.5 Alcance y limitaciones

1.5.1 Alcance

Este estudio se desarrolló dentro del ámbito laboral del sector minero en pequeña minería en la mina Tesoros del Inca el cual se desarrolla el proyecto del inclinado desde el Nv. 2670 al Nv. 2600 y Nv. 2550. El estudio se circunscribe exclusivamente en el diseño y simulación considerando los aspectos técnicos y operativos de las para el pique inclinado

El alcance espacial de la investigación se limita al inclinado de la labor, dentro de la Unidad Minera Los Tesoros del Inca, cuyos resultados se espera que las conclusiones sean extrapolables a otras operaciones mineras con condiciones similares.

1.5.2 Limitaciones

1.5.2.1 Limitaciones específicas

La siguiente tesis se centró exclusivamente en el diseño y simulación del pique inclinado desde marzo a junio del 2024, sin abordar estudios detallados ni evaluaciones de reservas minerales.

1.5.2.2 Limitaciones técnicas

La falta de equipos de instrumentación avanzada dificultó la recopilación de datos precisos sobre variables críticas del proyecto, como la deformación del terreno, vibraciones y tensiones en la estructura. Sin registros en tiempo real, el control continuo de la estabilidad y la detección temprana de anomalías resultan limitadas, lo cual eleva el riesgo de sobrecargas o fallos estructurales.

1.5.2.3 Restricciones operativas

No se consideraron factores externos como costos de mantenimiento, impactos ambientales u optimización del proceso de extracción más allá del diseño del pique.

1.5.2.4 Limitaciones en datos experimentales

La simulación del pique inclinado se basó en modelos teóricos y supuestos técnicos sin validaciones experimentales en campo.

II Marco teórico

2.1 Antecedentes de la investigación

Antecedentes internacionales

Aquilla (2019), desarrolló una investigación en la pequeña minería en el país de Ecuador con la denominación de diseño y prefactibilidad de un pique en una concesión minera San Sebastián II, Camilo Ponce Enríquez – Azuay, de la universidad del Azuay, cuyo propósito principal fue evaluar la prefactibilidad y el diseño de un pique de sección rectangular 4*4 y de una longitud de 250 m, que conecta los niveles desde el Nv 00 al Nv 05. Se enfocó en optimizar costos y tiempos, así como mejorar la eficiencia del transporte de mineral y personal en operaciones subterráneas. Desarrolló una investigación aplicada con un diseño descriptivo y técnico-económico. La población son las labores en la concesión, mientras que la muestra fue delimitada a la infraestructura proyectada para el pique. Entre las técnicas aplicadas, destacan los análisis de resistencia a compresión uniaxial, simulaciones de diseño y evaluación de costos. Se utilizaron herramientas como el índice Q de calidad de roca y métodos de perforación y voladura utilizando el modelo de Kihlström y también Langefors, ajustados a las condiciones geológicas del lugar. Dentro de las conclusiones menciona que el diseño del pique propuesto es técnicamente viable de acuerdo a las condiciones del macizo rocoso, respecto a la prefactibilidad económica demuestra que la inversión inicial de \$ 258143.50 puede ser recuperada mediante los ahorros en costos operativos y aumento en la eficiencia del transporte. Se identificaron riesgos asociados al agua y fracturas, proponiendo medidas preventivas en el diseño de sostenimiento.

Mejía & Navarro (2021), desarrollaron una investigación en la pequeña minería en el país de Ecuador con la denominación "Diseño y prefactibilidad de un pique en la concesión minera San Sebastián II, Camilo Ponce Enríquez – Azuay", de la universidad del Azuay, cuyo propósito principal fue evaluar la prefactibilidad y el diseño de un pique de sección rectangular 4*4 y de una longitud de 250 m, que conecta los niveles desde el Nv 00 al Nv 05. Se enfocó en optimizar costos y tiempos, así como mejorar la eficiencia del transporte de mineral y personal en operaciones subterráneas. Desarrolló una investigación aplicada con un diseño descriptivo y técnico-económico. La población son las labores en la concesión, mientras que la muestra fue delimitada a la infraestructura proyectada para el pique. Entre las técnicas aplicadas, destacan los análisis de resistencia a compresión uniaxial, simulaciones de diseño y evaluación de costos. Se utilizaron herramientas como el índice Q de calidad de roca y métodos de perforación y voladura utilizando el modelo de Langefors y Kilhström, ajustados a las condiciones geológicas del lugar. Dentro de las conclusiones menciona que el diseño del pique propuesto es técnicamente viable de acuerdo a las condiciones del macizo rocoso, respecto a la prefactibilidad económica demuestra que la inversión inicial de \$ 258143.50 puede ser recuperada mediante los ahorros en costos operativos y aumento en la eficiencia del transporte. Se identificaron riesgos asociados al agua y fracturas, proponiendo medidas preventivas en el diseño de sostenimiento.

Salina (2018), desarrolló un proyecto en la universidad del Azuay "Diseño de un pique minero para la mina Goldmins", el estudio tuvo como propósito diseñar una labor vertical (pique) en la mina subterránea Goldmins, ubicada en el distrito minero Zaruma-Portovelo, provincia de El Oro, la sección es

rectangular de 2.0*2.40m con una profundidad de 120 metros, paralela al buzamiento de 80° de la estructura mineralizada, Este diseño incluyó la definición de las dimensiones geométricas, forma, instalaciones, y los procesos técnicos necesarios para la construcción del pique, se realizó un análisis geomecánico de la roca. El tipo de investigación desarrollado fue aplicado con un diseño descriptivo y técnico. La población abarcó las labores inclinadas y verticales de la mina Goldmins, mientras que la muestra fue el pique a diseñar. Como instrumentos y técnicas, se utilizaron pruebas de compresión uniaxial donde la compresión simple de la roca fue 60.5 Mpa es decir un tipo de roca III, clasificación de Bieniawski (RMR) de 41-60, diseño de voladura y sistemas de izaje con un winche de 36 Hp, apoyados en software especializado para simulación y modelado. Dentro de las conclusiones, se validó la factibilidad técnica del diseño del pique basado en las características geomecánicas del área, los procesos técnicos, incluyendo la perforación y voladura, garantizan un avance seguro y efectivo durante la construcción.

Cuenca & Guzmán (2022), en la investigación titulada “Diseño de excavación en la mina El Pique, mediante profundización inclinada, ubicada en el barrio El Tablón, Cantón Portovelo-Ecuador, operado por la compañía OROCONCENT SA”, tuvo como objetivo principal diseñar un sistema de excavación inclinado que optimizara las operaciones mineras en la mencionada mina. El trabajo utilizó un enfoque de investigación aplicada con un diseño descriptivo, no experimental - transversal. Considero a la población por las diversas labores inclinadas y verticales de la unidad minería la sección para el diseño fue de 1.7*1.6 m de sección de 70.71 m de longitud, con una inclinación de 45° de acuerdo a las características geomecánicas del terreno, parámetros técnicos de la mina y los recursos operativos disponibles en el área de trabajo,

entre las principales conclusiones, destacaron las siguientes: Se logró determinar que el diseño del pique inclinado permitió una mejor adaptación a las condiciones geomecánicas de la mina, incrementando la estabilidad estructural de las labores mineras. Se evidenció que la implementación del diseño inclinado contribuyó a reducir los tiempos de transporte de mineral, mejorando la eficiencia operativa en un 25%. Se concluyó que, mediante el análisis económico, el diseño propuesto generó una disminución del 18% en los costos operativos relacionados con el izaje y transporte. Finalmente, se resaltó que la propuesta técnica del pique inclinado permitió un aumento significativo en la capacidad de extracción, pasando de 35,000 toneladas a 45,000 toneladas anuales, contribuyendo al desarrollo sostenible de la operación minera.

Según Andrade (2014), desarrollo su investigación titulada: Diseño de excavación para profundizar el Pique de Fierro ubicado en el área Ciruelo Unificado operado por la compañía Minesadco S.A.", con una metodología descriptiva, prospectiva y estudio que comprendió las etapas de trabajo de campo y gabinete. Tuvo como objetivo principal desarrollar una labor para la profundización -Pique de Fierro- ubicado en el área Ciruelo Unificado, Se planteó como hipótesis fundamental que el diseño de la excavación para profundizar el Pique de Fierro facilitaría el aumento de las reservas y la producción diaria, lo que podría solucionar los inconvenientes de bajo rendimiento en el transporte de mineral, reservas minerales escasas, baja productividad diaria y deficiencias en la seguridad laboral

Tectona y Guzmán (2022), en la investigación titulado "Diseño de excavación en la mina "El Pique", mediante profundización inclinada, ubicada en el barrio El Tablón, Cantón Portovelo-Ecuador, operado por la compañía OROCONCENT SA", tuvo como objetivo principal diseñar un sistema de

excavación inclinado que optimizara las operaciones mineras en la mencionada mina. El trabajo utilizó un enfoque de investigación aplicada con un diseño descriptivo, no experimental y de corte transversal. La población de estudio estuvo constituida por las diversas labores inclinadas y verticales de la unidad minera la sección para el diseño fue de 1.7*1.6 m de sección de 70.71 m de longitud, con una inclinación de 45^a de acuerdo a las características geomecánicas del terreno, parámetros técnicos de la mina y los recursos operativos disponibles en el área de trabajo, entre las principales conclusiones, destacaron las siguientes: Se logró determinar que el diseño del pique inclinado permitió una mejor adaptación a las condiciones geomecánicas de la mina, incrementando la estabilidad estructural de las labores mineras. Se evidenció que la implementación del diseño inclinado contribuyó a reducir los tiempos de transporte de mineral, mejorando la eficiencia operativa en un 25%. Se concluyó que, mediante el análisis económico, el diseño propuesto generó una disminución del 18% en los costos operativos relacionados con el izaje y transporte. Finalmente, se resaltó que la propuesta técnica del pique inclinado permitió un incremento significativo en la capacidad de extracción, pasando de 35,000 toneladas a 45,000 toneladas anuales, contribuyendo al desarrollo sostenible de la operación minera. Llegó a la resolución de que para desarrollar una sección de 9 m² para lo cual empleó el diagrama de perforación con cuele en V, son necesarios 62 barrenos. En cada explosión se prevé obtener 7.65 m³ de material roto, sin tomar en cuenta el efecto de esponjamiento. Para detonar este volumen de roca, se requieren alrededor de 40 kg de S.E., usando Explogel Amón como carga de fondo, Emulsen 910 como carga de columna y Explogel de Contorno como explosivo para los barrenos de precorte. La perforación específica es de 8.17 m/m³, en tanto que la carga específica logra 5.23 kg/m³.

Asimismo, se estima que la realización del proyecto de profundización del Pique de Fierro tomará 205 días. Se asignarán 160 días para excavar los 265 m de pique, 25 días para el franqueo de los laterales y finalmente 15 y 5 días para la logística del inicio y término de labores, respectivamente. El costo de extracción de una tonelada de roca es de 30.74 dólares, y el costo por metro de avance es de 1232.38 dólares

Antecedentes nacionales.

Tuero (2019), desarrolló una investigación en el distrito de Chaparra, provincia de Caravelí, denominada “Diseño de pique inclinado y planeamiento del sistema de extracción para incrementar la producción de mineral en la unidad minera cuatro horas MACDESA S.A.”, planteando como objetivo diseñar un pique inclinado y planificar un sistema de extracción que optimice la producción de mineral en dicha unidad minera, con una sección de 2,40 x 2,40 con una longitud de aproximada de 200 m. con una inclinación de 40°. Con un diseño descriptivo y de tipo aplicada, trabajó con la población constituida por las labores de extracción mineras activas en la Unidad Cuatro Horas, empleando como muestra el pique 525, utilizaron técnicas como análisis documental, simulación de flujos de mineral y entrevistas con expertos, empleando instrumentos como fichas de recolección de datos y software de simulación, planeamiento de la ejecución del proyecto fue 5 periodos, además se presentó una evaluación económica, donde el costo de inversión asciende una suma de 218 028 U\$, arribo a las siguientes conclusiones: El diseño del pique inclinado permitió reducir los costos de transporte en un 15 %, mejorando la eficiencia del sistema de izaje, segunda conclusión es que la implementación del sistema incrementó la producción de mineral en un 20 %, favoreciendo la continuidad operativa, como

último se validó que el planeamiento adecuado del pique inclinado garantiza mayor seguridad y sostenibilidad en las operaciones mineras.

Alcocer (2024), en su investigación presentada a la Universidad Nacional del Centro del Perú referente a la evaluación de la izaje de mineral y desmonte mediante el inclinado (-) 300S en la minera Aurea-2024, , tuvo como objetivo evaluar el desempeño del sistema de extracción mediante el inclinado (-) 300S para determinar su impacto en la eficiencia operativa de la unidad minera. La investigación corresponde a un tipo aplicada, con un diseño descriptivo y no experimental, trabajó con una población formada por las áreas de producción y transporte de mineral de la Unidad Minera Aurea, seleccionando como muestra las operaciones realizadas durante un periodo anual. Las técnicas empleadas incluyeron análisis comparativo, observación directa y entrevistas estructuradas, utilizando como instrumentos matrices de análisis de datos y reportes técnicos. Las principales conclusiones fueron: El inclinado (-) 300S mostró una mejora significativa en la capacidad de extracción de mineral, aumentando la productividad de la operación en un 25 % en comparación con sistemas previos. Se demostró que el diseño y la ubicación del inclinado optimizan el flujo del material, reduciendo los tiempos de transporte interno y mejorando la eficiencia operativa. El análisis económico evidenció que la implementación del sistema de extracción mediante el inclinado (-) 300S redujo los costos operativos en un 15 % del costo total de izaje de mineral el cual es un ahorro de 0.58 \$/TM izada, logrando un retorno de inversión en un período estimado de dos años. Finalmente, se concluyó que el inclinado (-) 300S contribuye no solo a la optimización de la extracción, sino también a la reducción de riesgos laborales, al minimizar el uso de transporte convencional en áreas críticas de la mina.

Rengifo & Crisóstomo (2022), en su tesis "Propuesta de planeamiento y diseño de un pique inclinado como sistema de extracción de una mina convencional al norte del Perú", tuvieron como objetivo proponer el diseño y planeamiento de un pique inclinado como alternativa al sistema convencional de extracción, orientado a optimizar las operaciones mineras brindando una alternativa eficiente y sostenible para la pequeña y mediana minería. La sección para el pique inclinado fue de sección de 2m x 2m, con un ángulo de inclinación de 23° y una longitud de 140 metros. La metodología es un diseño proyectivo y de tipo aplicada, la población estuvo conformada por las labores de la mina ubicada al norte del Perú, las técnicas aplicadas fueron modelamiento matemático, simulación en software especializado y análisis técnico-económico, empleando herramientas como AutoCAD, Rocscience y Excel para los cálculos. Para llevar a cabo el trabajo, inicialmente se establecen las características del sistema de extracción considerando los cables, motores, carga, etc.. A continuación, se elabora la planificación de todo el ciclo constructivo para conseguir un cronograma (151 días). Así, se calculan los costos parciales y globales de la obra, estableciendo un costo total aproximado de \$ 136,270. Utilizó ANFO como explosivo, para reducir costos, finalmente, se llevó a cabo el estudio económico del flujo de efectivo durante seis meses (desde el comienzo de la construcción hasta su finalización y la recuperación de la inversión), lo que resultó en un VAN cercano a 10,580 USD y un TIR del 3%, con un tiempo de retorno (payback) de 6.71 meses desde el inicio de la construcción y 0.71 desde que se empieza a utilizar la obra. Esto sugiere que es un proyecto factible en las circunstancias en las que se lleva a cabo el estudio actual

Por otra parte, Palomino (2023), en su tesis "Optimización del Sistema de izaje del Inclinado 420 para el incremento de la capacidad de extracción principal

de la Unidad Minera Esperanza – 2022", tuvo como objetivo optimizar el sistema de izaje mediante el diseño y planeamiento de extracción, incrementando la capacidad de extracción mineral y reduciendo los costos operativos, la investigación desarrollada ese tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño experimental. La población estuvo compuesta por datos operativos del sistema de izaje, y la muestra incluyó controles de tiempo de izaje, evaluaciones de cables y la manipulación del personal. Los instrumentos utilizados fueron un cuaderno de campo, cronómetro y cámara fotográfica; el análisis abarcó un periodo de 4 meses, también se calcularon las especificaciones del motor del winche de 200 HP, el diámetro y tipo de cable necesario. Entre los aportes principales, se identificó que el rediseño del sistema de extracción incrementó en un 52% el izaje de carros mineros, logrando un promedio de 504 toneladas diarias (150 toneladas adicionales). Respecto al costo se redujo de 2.08 \$/tm a 1.15 \$/tm.

La investigación de Huaracha (2021), "Construcción del pique inclinado Mercedes–NV 480 para mejorar la producción en la Unidad Minera San Juan de Arequipa", se centró en el diseño y construcción de un pique inclinado en la Unidad Minera San Juan, ubicada en el distrito de Río Grande, provincia de Condesuyos-Arequipa. El propósito principal fue incrementar la explotación de recursos minerales a mayores profundidades entre los niveles 480 y 380 de las vetas Mercedes, desarrollo una investigación histórica documental, de tipo descriptiva, la población considerada fue las labores de desarrollo de la unidad y la muestra es el proceso constructivo del pique, se diseñó un pique inclinado de 235 metros con una sección de 2.40 x 2.40 metros e inclinación negativa de 30°. Incluyó un sistema de izaje compuesto por un winche de 80 HP y cable triangular de 18 mm, permitiendo una capacidad de extracción de 15,000

toneladas anuales, respecto a los indicadores resultaron positivos con un VAN de 8,998,711.41 \$ y un TIR de 130.88% con una inversión de 2257,464 \$.

Pinto (2024), desarrolló una investigación en la CIA minera OREX respecto a la comunicación de la labor pique inclinado esperanza al nivel Nv.734, a fin de aumentar la extracción de mineral de la unidad operativa Orex – San Juan de Chorunga – Arequipa, se planteó como objetivo la comunicación del pique inclinado Esperanza a partir de la caracterización geomecánica y una planificación adecuada, a fin de incrementar la extracción de mineral. Utilizó una la investigación descriptiva aplicada de un nivel descriptivo – analítico. Conto con una población de 5 labores, y la muestra fue el inclinado Esperanza, desarrollaron un pique de sección 2.40*2.00 y de longitud de 356 m entre los niveles 734 al 566, con una inclinación de 30^a, el costo de inversión asciende a 405123.2 US\$ con un VAN = \$ 3210622.31 y un TIR de 119.29%, haciendo de este proyecto rentable, la capacidad de producción se incrementó en 30 Tm/día.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Extracción por pique inclinado de mina

Si se ha utilizado un pozo vertical o inclinado para acceder a un yacimiento, estos pozos son pozos inclinados que disponen de instalaciones de extracción para bajar y subir personal, equipos y materiales, además de extraer ganga y mineral. Estas instalaciones se dividen en dos categorías: skips (naves de extracción) y extracción en jaulas. Mientras que los skips se utilizan únicamente para la extracción de mineral o ganga, las instalaciones con jaulas son capaces de realizar todas las tareas de extracción mencionadas.

Un indicador de profundidad incluido en el equipo de extracción permite al operador saber dónde se encuentran los recipientes de extracción en el pozo.

Utilizando un taquígrafo, que es un indicador que registra por sí mismo la velocidad de movimiento del recipiente de extracción, y con mecanismos adicionales que garantizan la seguridad de la extracción, al operador de la máquina la ubicación de los recipientes de extracción en el pozo. Normalmente, los tambores de las máquinas de extracción son cónicos o cilíndricos. El diámetro del tambor debe ser al menos 80 veces mayor que el diámetro del cable enrollado.

2.2.2 Sistemas de izaje.

En los casos de minas que viene profundizando la explotación de los yacimiento, los sistemas de izaje y sus equipos complementarios se harán sofisticados, complejos, grandes y caros. El sistema de izaje se realiza a través de labores como los piques de una mina tienen un parecido a los ascensores de los edificios, en las minas más importantes del Perú. El izaje es un sistema muy común utilizado para bajar, levantar una carga a través de equipos como elevadores eléctricos, de aire o hidráulicos (Decreto Supremo N° 024-2016-EM). Las labores verticales de los piques tienen la finalidad de comunicar la mina subterránea con la superficie para poder transportar personal, material, equipos y mineral. La estructura del pique tiene por finalidad bajar y subir materiales por 5 elementos con su respectivo accesorio: Winche o tambora o aparatos de enrollamiento, cable, polea, jaula y/o balde(skips), torre o castillo.

- **Winche principal:** Se utiliza para la excavación en sí misma, este equipo puede mover el skip o la jaula dentro de la mina. Normalmente es un winche de alta velocidad, ya que influye de manera directa en la cadencia del proceso de construcción. La potencia de estos

winches oscila entre 200 HP y 600 HP, logrando una velocidad de 150 pies por minuto a 200 pies por minuto.

- **Winche auxiliar:** Estos winches levantan, bajan y mueven eficientemente la plataforma de trabajo, una estructura metálica de 3 a 5 niveles que asemeja la parte del pique y está diseñada para funcionar como un área de trabajo durante la construcción. La potencia oscila entre 20 HP y 40 HP, logrando una velocidad de 30 pies por minuto a 50 pies por minuto.

2.2.3 Pique minero

Los piques como menciona De la Cruz (2000) son trabajos verticales que permiten la comunicación entre la mina subterránea y la superficie con el propósito de transportar personal, materiales, equipos y mineral hacia arriba o hacia abajo. La edificación se realiza generalmente de arriba hacia abajo, mediante un sistema de bancos, donde se perfora y detona la mitad del área del fondo del pozo, y esta acción se lleva a cabo de forma alternada hasta que se completa. Las paredes del pique se tratan con Smooth Blasting (voladura controlada) para lograr una superficie lisa o plana.

La forma puede ser circular o rectangular, según el diseño. Puede contar con dos o más secciones, las cuales dependen de la capacidad y de las instalaciones disponibles en la operación, así que cada compartimento puede ser (De la Cruz, 2000):

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

- Para caminos

2.2.4 Piques verticales

Se considera a una labor que tiene un ángulo de inclinación mayor a los 45 grados y puede usarse para la extracción del personal y mineral. Presenta otras alternativas según la posición del pique respecto a la veta

2.2.5 Pique inclinado

Se conoce por poseer un terreno incompetente, con rampas que son difíciles de desarrollar y también costosas. Los piques se acomodan a la convivencia del diseño mineral en producción; teniendo finalidades como camino, servicio, etc. La mayoría de piques inclinados usan sostenimiento shotcrete con mallas y pernos.

Así también para una correcta decisión se considera diferentes puntos como detalles respecto a; geología y topografía del terreno método de profundización ubicación, costo.

Una variable importante para la realización de una labor inclinado es relativo a su proceso de construcción, elegir un modo de trabajo no es una decisión fácil, pues se deben considerar diferentes factores como: tipo de terreno con sobre carga seguida de terreno firme (roca), el tiempo de la realización, en el ámbito de alternativas de trabajo tales como un terreno dificultoso de tipo aluvial con agua, arena y capas de arcilla blanda.

Los piques inclinados pueden ser:

- De un solo compartimiento
- De dos compartimientos de lado a lado

- De dos compartimientos abajo y arriba

En pozos con poca profundidad y sin equipos especiales contra la gradiente geotérmica, solo se logra avances de 5 a 10 m. por semana para pozos de 500m. En cambio, con equipos mecanizados se logran avances de 30 m por semana.

2.2.5.1.1 Pique inclinado por la veta

- Tiene una construcción cara pero también ineficiente.
- Puede tener una inclinación uniforme, en consecuencia, puede tener una mayor capacidad de extracción.
- La característica de la veta presenta irregularidades que estorban el transporte, así como los cambios bruscos, por su buzamiento y dirección aumentan los costos de extracción y disminuye su capacidad para una velocidad de arrastre menor.
- Es necesario dejar pilares de protección para el pique. (Tuero,2019)

2.2.5.2 Pique inclinado por la yacente

- El manto variable hace que sea imposible la inclinación uniforme por el yacimiento, entonces se debe ubicar el yacente por el estéril.
- Carguío directo, poca mantención (menor fortificación), en el caso del mineral, en las cajas del mineral existe un mayor peligro de derrumbes.
- Ocupa estocadas estaciones en la roca, lo que lo hace caro.

- No se puede entregar informaciones del yacimiento, por correrse estéril.

2.2.6 Estructura del pique inclinado

La estructura de un pique inclinado, como menciona Cuadros (2018), puede ser hecho de madera cuando es convencional generalmente o acero en piques circulares. En diferentes casos, al contar con un nivel inferior, la construcción del pique se puede hacer en forma convencional o también mecanizada, así mismo, en ambos casos se puede utilizar como labor piloto que consiste en se perfora primero el hueco piloto y luego del nivel inferior se empieza a rimar (ensanchar) con una broca de mayor diámetro y finalmente se completa a la sección diseñada, o descender ensanchando

En todos los casos, el macizo rocoso debe ser competente y debe ser posible en zonas que no exista la filtración de agua; las dimensiones de la sección de los piques se pueden determinar en base a la capacidad de la carga y de la profundización de los trabajos de extracción y también es un factor muy importante la productividad de la mina.

2.2.7 Factores de diseño en pique inclinado

La gestión de riesgos se toma en cuenta ciertos variables, pueden ser considerados imprevistos si no se detecta preventivamente y así poder controlar la mayor cantidad posible de variables del proceso constructivo del pique inclinado (Chávez, 2011). La gestión consiste en considerar factores principales para el diseño de un pique inclinado incluyen aspectos económicos, operacionales y geológicos. Cada uno de estos factores, tanto en conjunto como individualmente, influye significativamente en el diseño del pique inclinado y

están interrelacionados (Tuero,2019). Los factores a considerar se determinan a partir de:

2.2.7.1 Factores económicos

Un aspecto clave es el económico, y su impacto se nota en los gastos que conlleva el desarrollo del pique, influyendo también en la opción de diseño a utilizar. Los gastos dependen de la parte del pique inclinado y de la clase de terreno en el que se excavarás, (Chávez, 2011).

Los costos se deben basar en la comparación según las diferentes variaciones que se pueden estudiar como:

- Costo de materiales: explosivos y accesorios de voladura
- Costo de mano de obra: por perforación, carguío, transporte y supervisión.
- Costo de maquinaria: valor residual, costo de adquisición y costo de mantenimiento.
- Costo de energía: depende del tipo de energía más económica y disponible.
- Costo por flujo de ventilación.
- Costo de material de accesorio de perforación: afiliado de brocas y costo por longitud perforada
- Costo del traslado del personal.
- Costo por transporte de mineral y/o estéril.
- Costo de conservación de las labores principales

2.2.7.2 Factores operacionales

En el proceso de diseño y ejecución se deben de tomar en cuenta lo siguiente:

- **Método de profundización:** En base a la zona a atravesar, se considera si hay presencia de agua, medios económicos y tiempo de plazo para culminar la profundización del pique inclinado.
- **Selección de equipos y materiales:** Está de acuerdo al método aplicado convencional o mecanizado en la profundización, tipo de zona a atravesar, programa de excavación del pique inclinado, medios económicos, avances tecnológicos y entre otros.
- **Selección del personal:** Son personal altamente especializado en base a la naturaleza y formación, tipo de trabajo especial a realizar.
- **Abastecimiento:** dependerá del lugar de ubicación del proyecto, maquinaria , equipo a utilizar y los materiales, etc.
- **Mantenimiento:** Depende del personal, maquina a usar, abastecimiento y entre otros.
- Otros factores operacionales condicionantes en el diseño y ejecución de un pique son:
 - a) La profundidad de la labor
 - b) Sección o diámetro de la labor
 - c) Presión hidrostática de los hastiales.
 - d) Las características geológicas del proyecto.
 - e) Las características de los equipos y maquinaria
 - f) Habilidades, experiencia de los colaboradores.
 - g) Imprevistos propios de la faena

2.2.7.3 Factores geológicos

Para desarrollar un pique inclinado, es necesario contar con un marco legal y un conocimiento exhaustivo de la geología de la zona a excavar. Esto implica conocer los accidentes geológicos, lo cual requiere la realización de prospecciones mediante sondajes, perfiles sísmicos, observaciones geológicas superficiales y perfiles geomecánicos.

De igual manera, la litología de las rocas adyacentes, el fracturamiento, y el nivel de diaclasas existentes, tanto en rumbo como en buzamiento, pueden alterar las condiciones del pique inclinado

2.2.7.4 Estabilidad del pique inclinado

Este punto está relacionado con el método de profundización, dimensiones de la labor inclinado, formas y características geológicas y geomecánicas de la zona.

En el comienzo, el terreno presenta un evidente equilibrio de presiones, que se ve alterado al realizarse una excavación, lo que provoca una serie de fenómenos en el interior del macizo rocoso, como deformaciones y desplazamientos y dependiendo del tipo de macizo rocoso, que trae como consecuencia el origen a las deformaciones producidas o a realizar, después de que transcurrió el tiempo se puede generar diferentes casos.

Las rocas necesitan fortificación por tener un comportamiento no estable, dependiendo de la caracterización del macizo rocoso y clasificación si son muy fracturadas, rocas alteradas o un compartimiento rígido. Una roca que no requiere fortificación por tener un comportamiento elástico, una roca maciza con solo microfisuras, más o menos isotrópicas y homogéneas, rocas separadas en

bloques con al menos tres juegos de diaclasas, sin relleno ni dirección preferencial y rocas estratificadas o con juegos persistentes de diaclasas, un contacto sin relleno y con una fracturación secundaria mínima.

2.2.7.5 Ubicación del pique inclinado

La ubicación del pique debe determinarse según las condiciones existentes en las características geológicas del terreno y el método de explotación del yacimiento que se usará, pero lo más crucial es que el costo del pique y sus instalaciones sea el más bajo posible. Las dimensiones de explotación del pique se establecen en función de sus costos, el tiempo que tarda el personal en recorrer, los materiales y los gastos de ventilación.

Para poder ingresar a un conjunto de vetas, se lleva a cabo un análisis relacionado con los costos y condiciones del yacimiento, como por ejemplo:

La ubicación del pique debe determinarse según las condiciones existentes en las características geológicas del terreno y el método de explotación del yacimiento que se usará, pero lo más crucial es que el costo del pique y sus instalaciones sea el más bajo posible. Las dimensiones de explotación del pique se establecen en función de sus costos, el tiempo que tarda el personal en recorrer, los materiales y los gastos de ventilación.

Para poder ingresar a un conjunto de vetas, se lleva a cabo un análisis relacionado con los costos y condiciones del yacimiento, como por ejemplo:

- Angulo promedio de las vetas
- Largo de la veta
- Profundidad explotada del yacimiento
- Distancia entre niveles

- Profundidad proyectada de la explotación
- Capacidad de extracción
- Producción anual de la mina

2.2.7.6 Profundización de los piques inclinados

Para llevar a cabo la operación subterránea, se realiza un levantamiento topográfico en la superficie, relacionado con uno interno mediante un trabajo, un ejemplo claro es el pique inclinado. Para la construcción de un pique inclinado, es necesario controlar el descenso de manera regular, ajustando siempre su diagonalidad, dimensiones y profundidad.

En situaciones de denuncias de la consecuciones de un número concreto de hectáreas, es necesario llevar a cabo una triangulación, complementando esto con otro tipo de polígono, para así encerrar los detalles relevantes en el área, y si el área es menor en comparación con la zona que necesita la triangulación, únicamente se hará un levantamiento poligonal.

La profundidad del pique inclinado se puede determinar midiendo la longitud del cable de extracción que se levanta y se mide, teniendo en cuenta en este caso la elongación del cable debido a la acción de los carros mineros.

2.2.8 Secciones para la construcción de un pique

Las secciones pueden ser :

Sección circular: La fortificación soportará y distribuirá de una mejor manera la presión que genera la roca circundante, la forma de sección circular proporciona una estabilidad adicional. El coeficiente de resistencia aerodinámica de piques de sección circular es menor en comparación con otras secciones.

Sección rectangular: Este diseño es el más utilizado, pero también existe varios inconvenientes. Aunque este diseño es común, presenta desventajas como:

- Dificultad para conseguir ángulos adecuados, sobre todo cuando se trabaja con rocas que son duras.
- Cuando existe la presencia de rocas inestable y débiles, puede que la fortificación sufra deformaciones.
- Una distribución desigual de la tensión en la zona circundante

Determinación de la geometría transversal

- Al momento de determinar el tamaño de la sección transversal de los piques se debe considerar la ubicación de los compartimientos, las áreas entre ellos y la fortificación.
- La capacidad portante y la profundidad de las operaciones de extracción determinan estos parámetros.
- Uno de los componentes más importantes es la producción de la unidad minera

2.2.9 Obligaciones normativas

Los requisitos para la construcción de piques que se usan para transportan personas y carga se puede consultar la información en el artículo 296 del reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería

- El diseño se basa en estudios geológicos, geomecánicos e hidrogeológicos.
- La construcción debe seguir un diseño específico y usar materiales que no sean degradables capaces de poder soportar la carga generada.

- Ocupar guías para dirigir el movimiento de las jaulas.

El artículo 297 del DS 024 menciona hace hincapié en que el castillo ubicado en la superficie o en el subsuelo debe, ser planificado según los criterios y normas técnicas vigentes, cuyos planos serán creados por profesionales expertos en el tema, ser edificado conforme al diseño con una estructura que soporte el esfuerzo del peso a trasladarse.

2.2.10 Ampliación de piques

Se desarrolla la perforación o ampliación con perforadoras Jack Leg o sinker, también puede ser una mecanizada o automatizada con brazos hidráulicos que son fijados a la plataforma de trabajo. La longitud del pozo que se debe excavar, condiciones de la roca y presencia de agua puede llegar a afectar considerablemente al método utilizado. La longitud varía en base al equipo que se usa, pero generalmente puede ser de 1.20 m. a 2.40 m.. para perforaciones manuales con martillos percutores o máquinas de suelo y las medidas de 1.60 m. Los métodos de banco, espiral y sección completa son categorías que se usan para ejecutar perforaciones en pozos y piques a 3.20m. para perforaciones automáticas, haciendo uso de jumbos.

2.2.11 Perforación de piques

Método de Banqueo.

Este método aplica a piques con secciones rectangulares, cuadradas o circulares. Consiste en perforar la mitad del suelo en cada avance, iniciando por la parte superior y dejando libre la otra mitad. Se hace uso de bancadas pequeñas o gradinas rectas, y se perfora normalmente con martillos neumáticos manualmente.

2.2.12 Voladura en piques

LA particularidad de la ejecución en este tipo de labores, se utiliza explosivos que sean resistentes al agua como los emulsores y que también emitan menos gases en la voladura. Se usa explosivos de baja velocidad de detonación, de aproximadamente 2400 m/s.

También se usa con frecuencia cargas explosivas con una resistencia al agua durante su funcionamiento al término. Se puede utilizar el detonador eléctrico o no eléctrico dependiendo de la metodología de excavación y profundidad del pique inicia la detonación desde la superficie o zona de la estaciones del pique.

2.2.13 Carguío y transporte en pique.

La carga resultante del material de las voladuras es una etapa muy importante en el ciclo de excavación de un pique. La técnica mecanizada y convencional se usa para realizar esta operación

Método convencional.

Se realiza mediante la intervención de personal y herramientas, dirigidas al balde de profundización, involucra la carga del material rocoso resultante de la voladura. Se usa la técnica en secciones de pico más pequeñas, el espacio se encuentra delimitado y no se hace uso de cargadores. El carguío manual generalmente se realiza en piques de menor profundidad y en secciones que no superen los 2,5m X 2,5m. Sin embargo, este método ocasiona un mayor riesgo al personal, en consecuencia, podría llegar a reducir la productividad.

Métodos Mecanizados.

Lo constituye enforques que carga el material rocoso que genera la voladura, haciendo uso de equipos especiales para llenar el balde o skip de profundización. Estos dispositivos funcionan de forma neumática, hidráulica o eléctrica donde son controlados por un operador, generalmente situado en un almacén de trabajo.

La tecnología generalmente empleada para el carguío de profundización en piques es:

- Sistema Clamshell
- Cactus Grab o Cascara de Naranja.
- Carguío mediante pala Neumática.
- Sistema Cryderman.

2.2.14 Sostenimiento de piques

El sostenimiento de piques en minería es un método que contrarresta la presión que genera la apertura de trabajo subterráneo. Este trabajo es muy importante en la construcción de un pique, como consecuencia, las personas a cargo de esta actividad tienen una responsabilidad grande y deben garantizar que el trabajo se haga correctamente. Los objetivos fundamentales del sostenimiento son los siguientes:

- Evitar derrumbes.
- Proteger a los trabajadores, equipos, herramientas y materiales.
- Evitar deformaciones de las labores subterráneas

2.2.14.1 Sostenimiento Temporal

El soporte temporal se lleva a cabo por dificultades operativas al realizar la profundización de un pique; influyen varios factores como el tipo de

herramienta, incluyendo pernos helicoidales, malla electrosoldada, cable booting, entre otros. Se instalan cuadros de madera de manera temporal con un propósito operativo, como dividir la sección transversal en compartimientos, debido a que el terreno en los primeros metros del pique es sumamente fracturado y es necesario instalar guías para la jaula o balde, y así prevenir caídas de roca

2.2.14.2 Sostenimiento Definitivo

Las estructuras de soporte pueden ser fabricadas con diversos materiales, tales como madera, hormigón proyectado, acero, piedra, roca, ladrillo, entre otros. El principal factor a tener en cuenta al seleccionar un material son sus propiedades mecánicas, aunque el costo y la durabilidad también juegan un papel importante. En cuanto a las características mecánicas, el acero y las gatas hidráulicas son los materiales más adecuados. Asimismo, requieren menos espacio, por lo que no impiden la circulación del aire y se minimiza el riesgo de incendio. Los problemas abarcan un alto costo y retos laborales, dado que se oxidan con facilidad en entornos húmedos, por lo tanto, se requiere pintarlas para resguardarlas.

Los piques rectangulares regularmente se soportan con cuadros de madera de pino o almendrilla. En caso donde la roca es capaz, se usan soleras o longarinas a una cierta distancia para armar el camino, conectar tuberías de aire comprimido, agua, relleno y cables telefónicos y eléctricos, instalar guías para el skip o jaula.

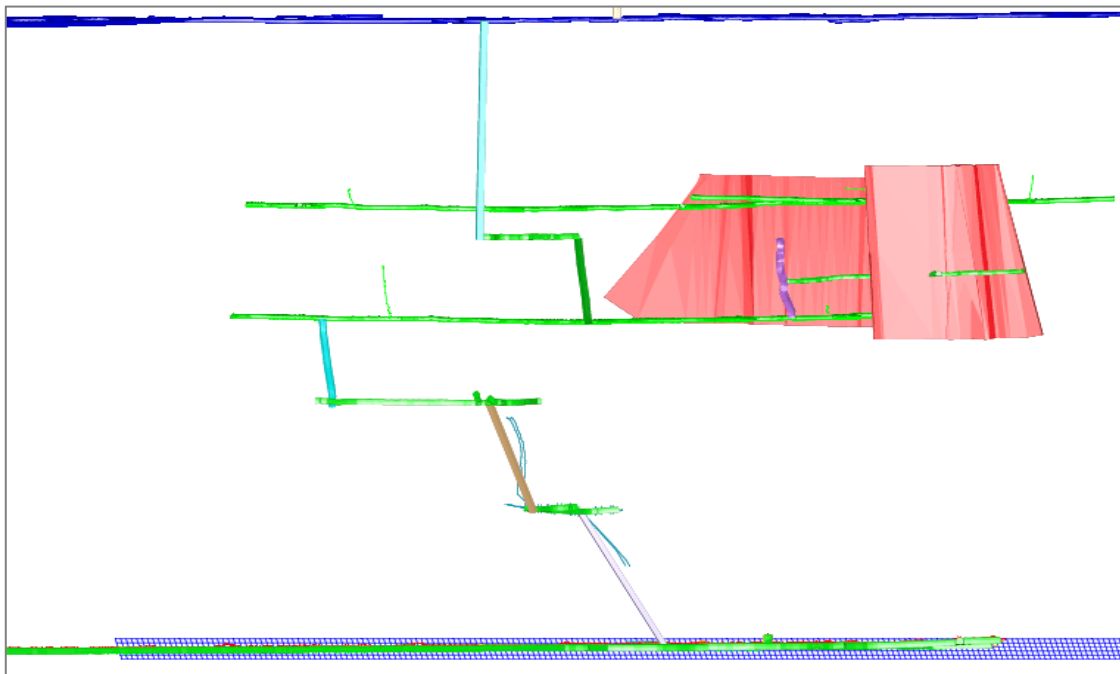
El concreto armado generalmente se usa para sostener piques con secciones circulares. Puede ser reforzado el cuadro colocando planchas de acero en todo su perímetro

2.2.15 Conceptos teóricos

2.2.15.1 Modelamiento

La palabra modelamiento proviene del verbo modelar, que a su vez deriva del sustantivo latino *modulus*, diminutivo de *modus*, que significa “medida”, “forma” o “modo”. El sufijo -miento indica acción o efecto, por lo que modelamiento alude al proceso o resultado de dar forma, representar o simular algo según ciertos parámetros. Consiste en desarrollar y gestionar la representación de un modelo de sistema. Se trata de una representación específica que abarca un conjunto de características propias de una entidad o sistema determinado. Es el proceso de reducir en tres dimensiones de dos dimensiones para ver una escena en una pantalla. (Charro & Valencia, 2007)

Figura 1.
Modelamiento en Mineplan Mina Tesoros del Inca



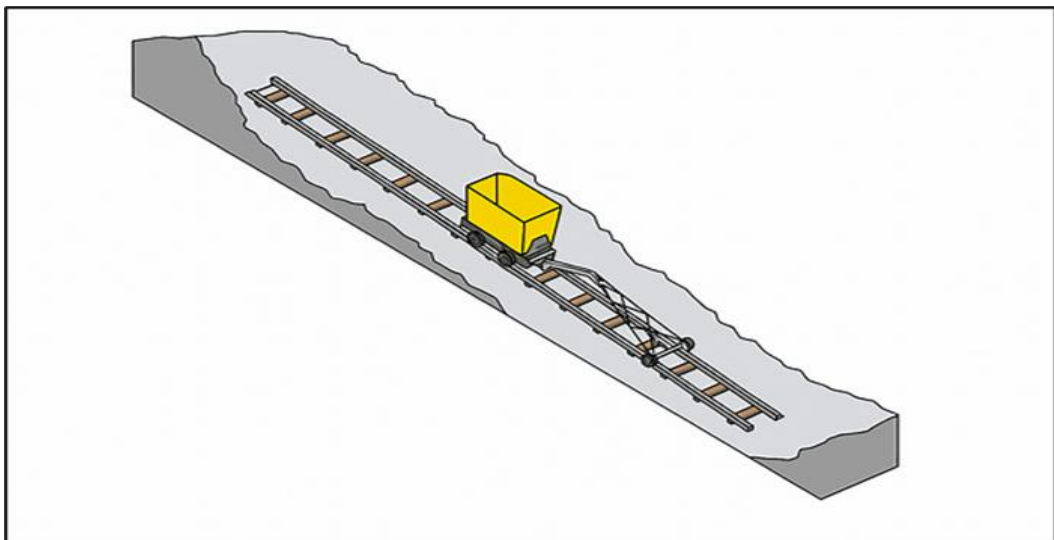
Nota: *Elaboración propia*

2.2.15.2 Simulación

La palabra simulación proviene del latín “simulatio”, que deriva del verbo simulare, cuyo significado es “fingir”, “imitar” o “representar algo como si fuera real”. A su vez, simulare está relacionado con similis, que significa “semejante” o “parecido”.

La simulación es un método numérico utilizado para ejecutar experimentos mediante un ordenador. Estos experimentos se basan en relaciones lógico-matemáticas que modelan la estructura y el comportamiento de sistemas complejos a lo largo del tiempo. Se trata de una representación virtual de un proceso real, en la que se genera y analiza una historia artificial con el propósito de extraer conclusiones sobre las características del sistema original que se está estudiando. (Orellana, 2018)

Figura 2.
Simulación de Pique inclinado con carro minero



Nota: *Elaboración propia*

2.2.15.3 Capex (Capital Expenditures)

(Álamo et al., 2018), CAPEX se define como la inversión que una empresa realiza en la adquisición de bienes o servicios utilizando su capital. Esta inversión se analiza desde una perspectiva cuantitativa, donde el flujo de efectivo varía según el ciclo de gastos, ya sea de grandes o pequeños capitales. Un índice superior a uno indica que la empresa genera suficiente dinero para financiar la compra de activos, mientras que un índice bajo revela dificultades en la generación de ingresos, impidiendo la adquisición de activos. En casos donde el índice es menor a uno, la empresa debe recurrir a préstamos para financiar sus compras. En consecuencia, a mayor gasto empresarial, menor será el flujo de efectivo disponible.

Es una abreviatura de Capital Expenditure – Inversiones de Capital; se refiere a los recursos utilizados del capital, que pueden interpretarse como las inversiones realizadas por una empresa para mejorar sus bienes o activos físicos. En este sentido, CAPEX representa una serie de inversiones destinadas a la adquisición e instalación de equipos con el propósito de optimizar la producción y garantizar la operatividad de la compañía.

2.2.15.4 Opex (Operating Expenses)

OPEX es la abreviatura de Operational Expenditures, que en español se traduce como gastos operativos o gastos de operación. Se refiere a los costos recurrentes necesarios para mantener el funcionamiento diario de una empresa, sistema o proyecto. En minería,

por ejemplo, incluye costos como energía, mantenimiento, mano de obra, insumos, transporte y servicios.

Al referirnos de OPEX se enfoca en los gastos necesarios para el consumo y otros gastos ineludibles al realizar una actividad empresarial, así como otras inversiones relacionadas con el margen de producción, como los salarios y los impuestos. Se puede observar que estos costos se asocian a la fase de operación y mantenimiento, donde se presenta la mayor cantidad de fallas (Amendola, 2016), por esta razón se determina que la mayor parte de los costos de OPEX están en esta etapa; todo esto representa desventajas para la empresa ya que las fallas pueden ocurrir de manera aleatoria, haciendo complicada la estimación de gastos (Borges, 2015).

2.2.15.5 Valor actual neto (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN) representa el valor presente de los beneficios netos generados por un proyecto durante su vida útil, descontando la tasa de interés que refleja el costo de oportunidad del capital invertido. Es decir, el VAN indica la rentabilidad efectiva de la mejor alternativa de inversión con un riesgo equivalente. En términos prácticos, mide cuánto se incrementa la riqueza del inversionista si decide ejecutar el proyecto en lugar de destinar su capital a otra opción con una rentabilidad igual a la tasa de descuento.

$$VAN = \sum_{t=0}^N \frac{FC}{(1+r)^t}$$

Donde:

FC: Flujo de caja del proyecto

r: Tasa de descuento

t: Horizonte de evaluación

Si el Valor Actual Neto (VAN) es positivo o mayor que cero, significa que el proyecto genera una rentabilidad superior a la mínima requerida. En cambio, si el VAN es negativo o menor que cero, la inversión no resulta conveniente, ya que los beneficios no alcanzan las expectativas o incluso generan pérdidas.

A partir de estos criterios, se puede calcular el Valor Actual de los Beneficios (VAB) y el Valor Actual de los Costos (VAC), dos parámetros fundamentales para la evaluación de otro indicador financiero clave. (Cachi & Escalante, 2017)

2.2.15.6 Tasa Interna De Retorno (TIR)

La rentabilidad media intrínseca de un proyecto se refiere a la tasa que equilibra el Valor Presente Neto (VPN) a cero. Este indicador permite medir el rendimiento anual promedio generado por el capital que se mantiene invertido a lo largo del tiempo.

$$VAN = \sum_{t=0}^N \frac{FC}{(1 + TIR)^t} = 0$$

La decisión sobre la Tasa Interna de Retorno (TIR) se basa en su comparación con la tasa de referencia, que en este caso corresponde al Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC). Si la TIR supera esta tasa, el proyecto es viable y se recomienda aceptarlo; si es igual, no hay

preferencia clara entre ejecutar o no el proyecto; y si es inferior, se descarta la inversión.

Cabe destacar que la TIR ofrece resultados equivalentes al Valor Actual Neto (VAN) cuando los flujos de caja siguen un patrón típico, lo que la convierte en una métrica con ciertas limitaciones. Por esta razón, el VAN suele ser la opción más óptima para la evaluación financiera. (Cachi & Escalante, 2017).

2.2.15.7 Software Mineplan

Es un software especializado en planificación minera que permite modelar y optimizar operaciones de extracción, es desarrollado y gestionado por Hexagon Mining, una división de Hexagon AB, una empresa global especializada en soluciones tecnológicas para la industria minera. Su aplicación es clave para el diseño de planes de minado, ya que facilita el análisis geológico, la estimación de reservas y la planificación estratégica de explotación.

Además, MinePlan se destaca por su capacidad para integrar datos a gran escala y utilizar técnicas de análisis predictivo y automatización, convirtiéndose en un estándar en la industria para la planificación y producción minera. Esto permite optimizar procesos, reducir costos operativos y mejorar la seguridad y eficiencia en la explotación minera, respaldando de manera integral la toma de decisiones de ingeniería en entornos complejos.

2.2.15.8 Pique minero

Los piques son estructuras verticales diseñadas para facilitar el movimiento de personal, materiales, equipos y minerales. La construcción de un pique se decide en función de la necesidad de extraer minerales y de la optimización de costos. (COMPUMET, 2006)

Pique vertical con veta en el pendiente

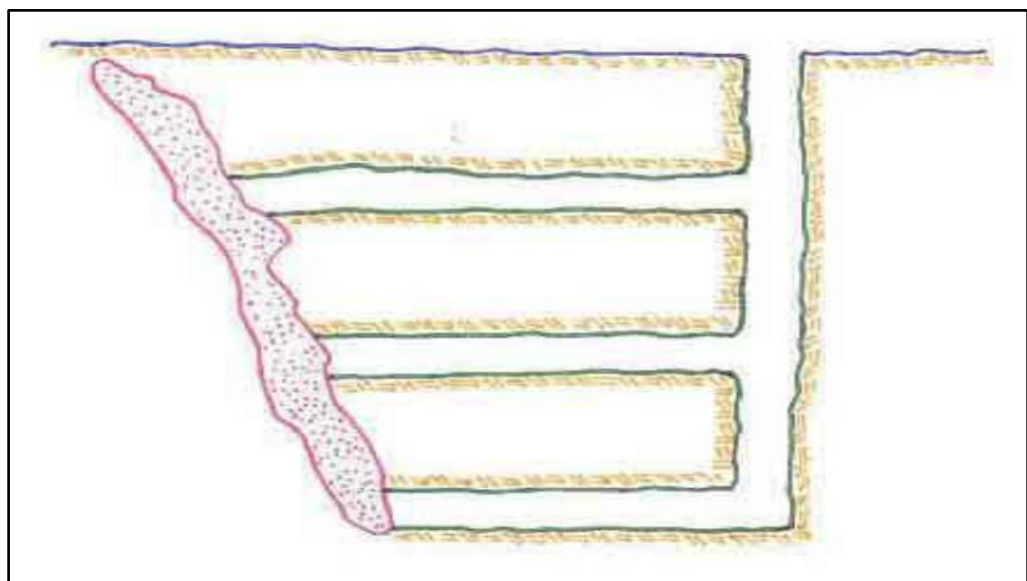
Ventajas

- Facilita un desarrollo estructurado con pilares de protección adecuados.
- Posibilita la identificación de vetas paralelas.

Desventajas

- Incurrir en costos elevados debido al desarrollo en material estéril.
- Riesgo de deslizamiento al detectar la veta, lo que compromete la estabilidad y el control del terreno.
- Existe la posibilidad de pérdida del pique.

Figura 3.
Ilustración de pique vertical en una veta en el pendiente



Nota: (Ramirez , 2005)

Pique vertical interceptando a la veta

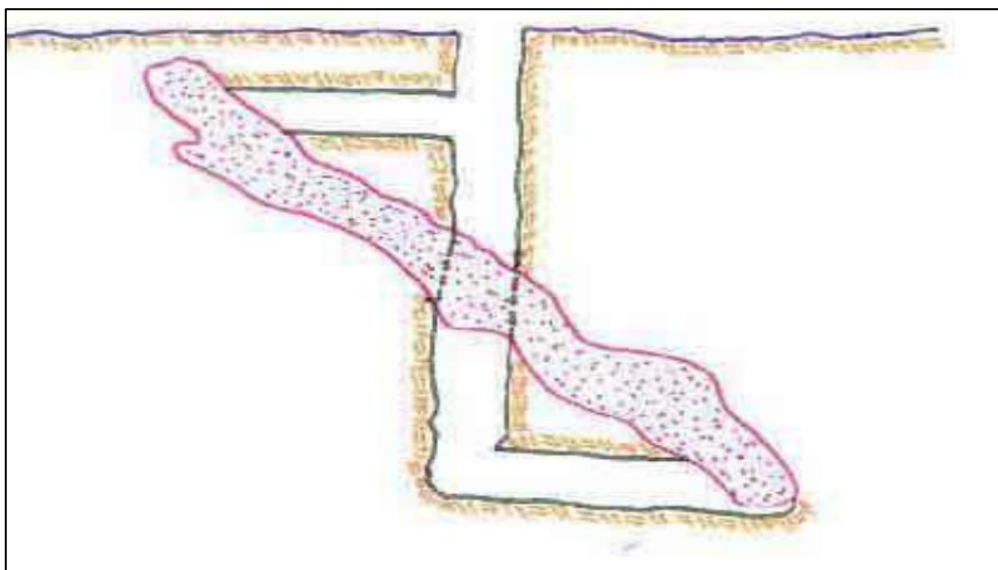
Ventajas:

- Acceso inmediato al yacimiento, lo que permite una rápida generación de flujo de caja.
- Menores costos iniciales de desarrollo.
- Desarrollo más equilibrado y estructurado en los distintos niveles.

Desventajas:

- Dificultades en el control del terreno.
- Uso de pilares de protección dentro del mineral.
- Costos elevados de mantenimiento.

Figura 4.
Pique vertical Interceptando a la veta

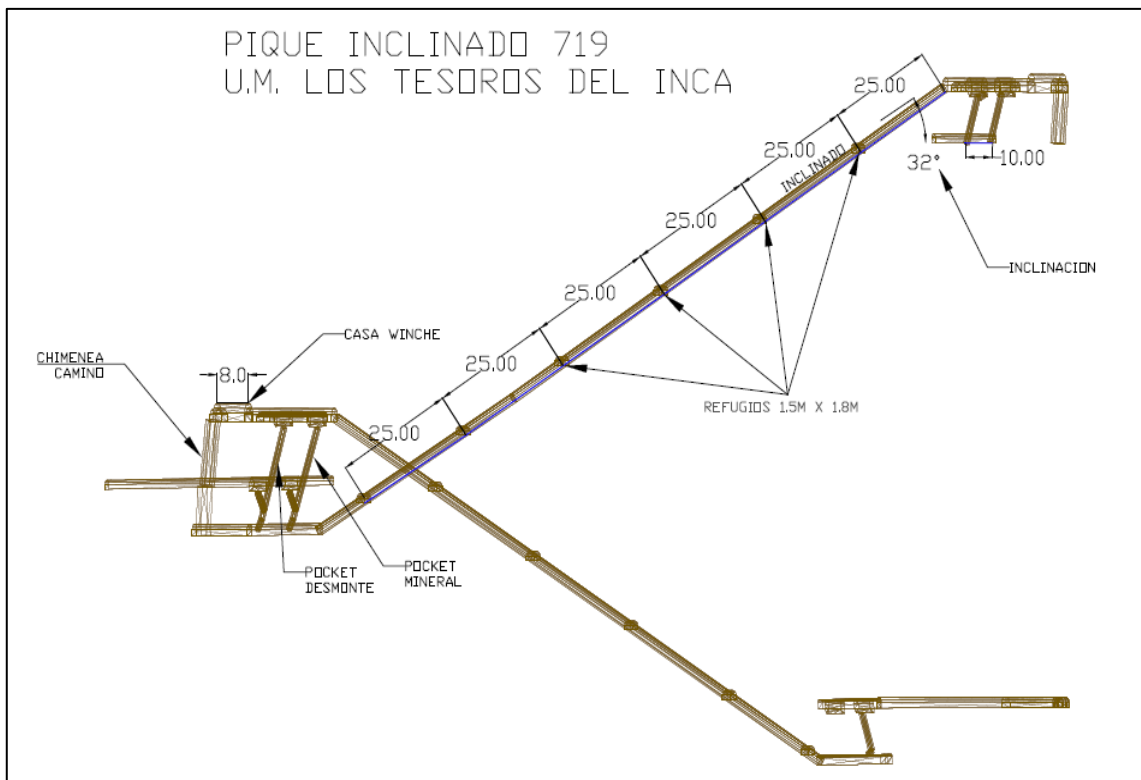


Nota: (Ramirez , 2005)

2.2.15.9 Pique inclinado

El desarrollo de un pique inclinado es una tarea compleja que requiere decisiones importantes desde un principio tales como; la ubicación, el costo, el método de profundización, detalles sobre la geología y topografía del terreno. Por ello, es fundamental que la ingeniería del proyecto sea manejada con precisión.

Figura 5.
Estándar de pique inclinado



Nota: Elaboración propia

Además, establecer un método de trabajo adecuado para la excavación de un pique inclinado no es sencillo. Es necesario considerar

factores como el tipo de roca, ya sea un terreno con sobrecarga seguido de terreno firme (roca), el tiempo de ejecución y las alternativas de trabajo en terrenos difíciles, como aquellos con agua, arena y capas de arcilla blanda. Los piques inclinados pueden ser:

Con un único compartimento.

Con dos compartimentos dispuestos lateralmente.

Con dos compartimentos abajo y arriba.

En pozos de menor profundidad que no cuentan con equipos especializados para su excavación, los avances semanales alcanzan entre 5 y 10 metros en perforaciones de hasta 500 metros. En contraste, mediante mecanización, es posible incrementar el ritmo de avance hasta 30 metros por semana.

La sección puede adoptar una forma circular o rectangular, según el diseño establecido. Su estructura puede incluir dos o más compartimentos, cuya cantidad varía en función de la capacidad y las instalaciones disponibles en la operación, lo que influye en la configuración de cada sección. Cada compartimento puede ser utilizado para: (Turo, 2019)

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

2.2.15.10 Sistema de izaje

La extracción de mineral y desmonte es fundamental para el desarrollo de los procesos de la minería. En los niveles principales, este proceso se realiza utilizando equipos como locomotoras, scoops, volquetes y dumpers. Para la extracción entre niveles intermedios, se emplean piques verticales o inclinados, en los cuales se utilizan winches de izaje.

El sistema de izaje se diseña en función de los cálculos de las necesidades productivas de la unidad minera, las cuales se definen en el programa anual de avances y producción de la empresa.

La realización de un pique vertical, según sus características de diseño como la sección, profundidad o método de excavación, presenta un alto costo de avance (soles por metro). Conforme se avanza en profundidad, este gasto crece e integra perforación, voladura, limpieza y sostenimiento. Las labores en pendiente, como piques inclinados y rampas en zig-zag, presentan un costo de ejecución comparable al de un pique vertical. No obstante, la distinción radica en que el costo por metro de progreso en las actividades inclinadas se mantiene estable a lo largo del tiempo, a diferencia de los piques verticales mencionados antes. (Vera, 2022)

2.2.15.11 Parámetros de un sistema de izaje

Un sistema de izaje seguro requiere considerar varios parámetros importantes. Entre estos se encuentran:

Tabla 1.
Parámetros de un sistema de izaje

ITEM	DESCRIPCIÓN	ABREV	UNIDAD
1	Operación en balancín		

2	Profundidad	O	Mt
3	Carga útil del skip	SL	Tn
4	Peso del skip	SW	tn
5	Capacidad de izaje		Ton/hr
6	Tiempo de aceleración	AT	Seg.
7	Tiempo de desaceleración	DT	Seg.
8	Tiempo muerto (rest time)	RT	Seg.
9	Eficiencia Esacele – Eléctrica	®	
10	Tipo de cable	W	Pulg.
11	Peso unitario del cable	Rw	Lb/ft.
12	Peso total del cable suspendido	®	lb
13	Velocidad del cable	V	ft/sec
14	Acelerador y desacelerador	A=O	ft/sec ² .
15	Tiempo a velocidad constante	TFS	sec
16	Tipo de motor	inducción	AC/DC

Nota: (Coris,2017)

2.2.15.12 Winches de izaje

El winche de izaje, que funciona basado en el principio de la polea, se utiliza para llevar a cabo procesos de transporte vertical. Esta máquina es capaz de transportar cargas pesadas en la mina, incluyendo minerales y, siempre que se cumplan los requisitos mínimos de seguridad, también puede transportar al personal encargado. Otros equipos de izaje similares incluyen elevadores eléctricos de aire o hidráulicos, grúas móviles, puentes-grúa y tecles. (Coris,2017)

El winche de izaje es una maquinaria empleada para levantar, bajar, empujar o arrastrar cargas, de forma similar se utiliza para descender y elevar al personal dentro de la mina, siempre que se cumplan los requisitos mínimos de seguridad. Para sintetizar el sistema de izaje en los inclinados de una mina es similar a los elevadores/ascensores de los edificios, pero en una forma inclinada. En

las minas importantes de Perú, el winche se utiliza como la principal maquinaria de transporte.

2.2.15.13 Elementos de un winche de izaje

Tambora: Estos son cilindros metálicos en los que se enrolla el cable. Se pueden distinguir dos tipos de enrollado: el enrollado activo, que es el cable que realmente está en uso, y el enrollado de reserva, que se utiliza para cortes reglamentarios según la ley de seguridad y para disminuir el esfuerzo en la unión del cable con el tambor.

Es un eje cilíndrico, generalmente de metal, donde se enrolla el cable de acero utilizado en el izamiento. (Compumet, 2006)

Figura 6.
Tambora de winche



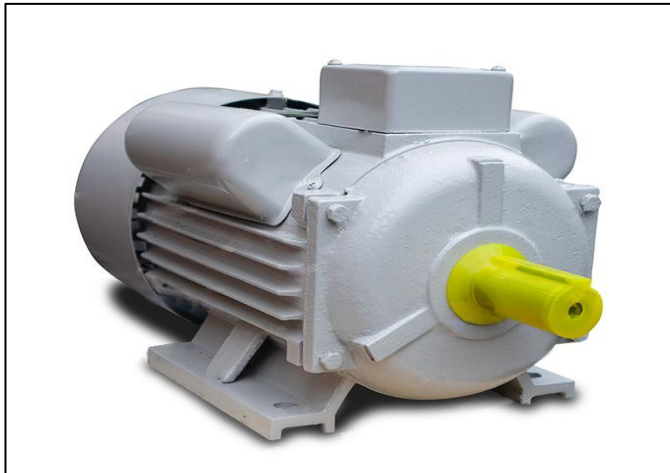
Nota:

Motor: Es la parte principal del accionar mecánica, es el impulsor de la acción mecánica y el encargado de realizar el trabajo de izaje. Las características

del motor se seleccionan según las necesidades, la capacidad de la carga a levantar, y las dimensiones y modelo del pique inclinado.

Proporciona la energía necesaria para el sistema de izaje, con el tamaño del motor determinado por el volumen, tamaño y tipo del pique. (Compumet, 2006)

Figura 7.
Motor de winche



- Sistema de seguridad: Su función principal es controlar y monitorear la velocidad del winche, evitando problemas de aceleración y desaceleración, mediante sensores y frenos que se activan en caso de cualquier eventualidad. (Compumet, 2006)
- Palancas de control: Mecanismos que manejan el winche, operados por personal autorizado y capacitado. (Compumet, 2006)
- Cables de izaje: Utilizados en equipos para levantar cargas de gran volumen, como minerales y desmonte, con especificaciones que dependen del sistema de izaje empleado en el pique. (Compumet, 2006)
- Skip: Son baldes o jaulas utilizadas para transportar personal, mineral o desmonte, según la necesidad. (Compumet, 2006)

- Polea: Es una rodaja ranurada cuyo propósito es alojar el cable de acero, conectando la tambora en un extremo y el skip en el otro. (Compumet, 2006)

2.2.15.14 Sistemas preventivos de control (lilly control, frenos, etc)

Es uno del importante dispositivo que es el encargado de regular la velocidad, este dispositivo actúa en una situación de una aceleración o desaceleración súbita debido a una posible falla mecánica. El control Lilly activa el sistema de emergencia del equipo de izaje.

Palancas de control

Los dispositivos de control y manejo del winche deben ser operados únicamente por personal autorizado. La palanca de control (joystick) regula la velocidad y cuenta con un elemento para activar el freno de servicio, conocido como "control de hombre muerto". Al soltar la palanca, esta regresa automáticamente a la posición central "0", activando el freno de servicio y deteniendo el winche.

2.2.15.15 Cables de izaje

Según el tipo de izaje en los winches (por fricción o enrollamiento), los cables de izaje pueden estar hechos de aluminio o alambre de acero. Estos cables se colocan de manera ordenada para realizar eficientemente el trabajo de izar los carros mineros.

Como no usar un cable de izaje

- Si un cable de elevación que opera por fricción muestra un aumento repentino en su alargamiento.

- Si se rompen más del 10% de los cables en un segmento de dos metros donde las fracturas son más frecuentes.
- Al identificar la presencia de óxido.
- Cuando un tramo de cable empleado para pruebas experimenta la máxima tensión de tracción y su sección transversal disminuye a menos del 60% de su tamaño inicial.
- Cuando la resistencia ha disminuido realmente a menos del 90% de la resistencia original.
- Al notar una torsión o presión repentina en cualquier sección de su longitud.

2.2.15.16 Capacidad de skip

El peso máximo que se puede izar en el pique o pozo incluye el peso del cable y el peso del skip (peso muerto), el cual se carga con material, ya sea mineral o desmonte (peso útil).

2.2.15.17 Rendimiento

El rendimiento se refiere al promedio de unidades de producción que un equipo realiza por unidad de tiempo de operación. Para estimar el rendimiento, es importante considerar varios elementos como el volumen del balde o skip, el coeficiente de llenado, la densidad del material, el esponjamiento y el tiempo de ciclo. (R. E. Cortes, 2005)

2.2.15.18 Ciclo de trabajo de un sistema de extracción

Un ciclo de trabajo se refiere al tiempo total necesario para mover un elemento desde un punto de carga en la base de un pique o pozo de extracción hasta el punto de descarga en la parte superior del pique. Si hay un tambor doble con dos skips o jaulas, o un tambor con una sola jaula o skip, el ciclo incluye la subida y bajada. Para completar un ciclo

de trabajo, es necesario cumplir con las etapas de carga, marcha lenta inicial, aceleración, velocidad plena, desaceleración, marcha lenta de parada, descarga y parada. (Isem Virtual, 2018)

2.2.15.19 Costos Unitarios

Los costos relacionados con la extracción y procesamiento de una tonelada de mineral en el proceso de explotación, expresados en \$/ton. Este procedimiento, denominado Costos Detallados, implica conocer índices como el gasto de combustible por hora de funcionamiento, la duración de los equipos de perforación, los parámetros de consumo de explosivos, las hojas de cálculo, y las proporciones de consumo de tratamiento, entre otros. Si bien el proceso es tardado y complicado, es el único enfoque confiable para calcular los costos operativos de un proyecto. En este análisis, los costos se clasifican en cinco categorías principales: Gestión Geológica, Mina, Planta, Servicios Generales y Administración de Mina (Velarde, 2019.)

2.2.15.20 Cálculo De Número De Taladros

Para el cálculo de taladros se utilizan los siguientes modelos matemáticos:

$$N^{\circ} T = (P/dt) + (c \times s)$$

Donde:

P: Perímetro de la sección de la labor en m, que se obtiene con la fórmula:

$$P=4*\sqrt{A}$$

dt: distancia entre los taladros de la circunferencia o periféricos

c: coeficiente o factor de roca, usualmente de:

S: dimensión de la sección de labor en m² (cara libre)

Tabla 2.
Coefficientes para el cálculo de número de taladros

Dureza de roca	Distancia entre taladros (dt)	c
Blanda	0.7	1
Semidura	0.6	1.5
Dura	0.5	2

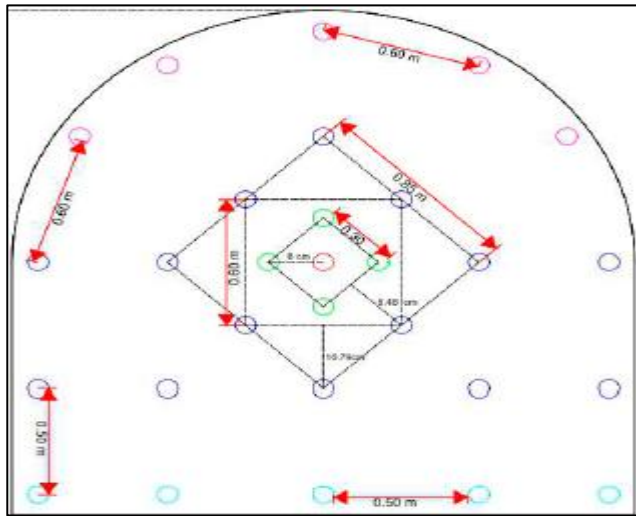
Nota: Se toma el factor según la dureza de la roca

2.2.15.21 Perforación

La perforación constituye la etapa inicial en el proceso de preparación de una voladura. Su finalidad es generar cavidades cilíndricas en la roca, conocidas como taladros, barrenos, hoyos o blast holes, que servirán para alojar explosivos y sus sistemas de iniciación. Este procedimiento se basa en principios mecánicos de percusión y rotación, donde el impacto y la fricción provocan la fragmentación y trituración de la roca, abarcando un diámetro equivalente al de la broca y alcanzando profundidades determinadas por la longitud del barreno. La eficiencia del proceso radica en lograr la mayor profundidad posible con el menor costo operativo.

Factores fundamentales en la perforación son la resistencia al corte o dureza de la roca (que condiciona la rapidez y facilidad de penetración) y su abrasividad, la cual incide en el desgaste de la broca y en la reducción del diámetro de los taladros cuando esta se erosiona, fenómeno conocido como “broca chupada”. (EXSA, 2019)

Figura 8.
Malla de perforación en inclinados



Nota: Condori y Guillen (2019)

2.2.15.22 Condiciones de perforación

Diámetro de perforación

Es la medida del ancho del orificio que se realiza en la roca mediante equipos de perforación. Se expresa generalmente en milímetros (mm) o pulgadas (in) y es un parámetro clave que influye en el diseño de la voladura, el tipo de explosivo, el espaciamiento entre taladros y la eficiencia del arranque de material. En la Mina Tesoros del Inca se utiliza un diámetro de 38 mm.

Longitud de perforación

Es la distancia total que alcanza un taladro dentro del macizo rocoso, medida desde la boca del orificio hasta el fondo del mismo. Se expresa en metros (m) o milímetros (mm) y es un parámetro fundamental

en el diseño de mallas de perforación y voladura. En la Mina Tesoros del Inca se tiene una longitud de perforación de 4ft.

2.2.15.23 Voladura de rocas

La voladura, considerado desde la perspectiva de la mecánica de rotura, se presenta como un proceso en tres dimensiones en el cual la presión que producen los explosivos que se encuentran en los agujeros perforados en la roca genera un área con una elevada concentración de energía. Esta energía causa dos efectos fundamentales: la fragmentación de la piedra y su movimiento.

La fragmentación se refiere al tamaño y distribución de los fragmentos generados tras la voladura, lo cual influye directamente en la facilidad de remoción y transporte del material. La calidad de la fragmentación ideal depende del uso final del material.

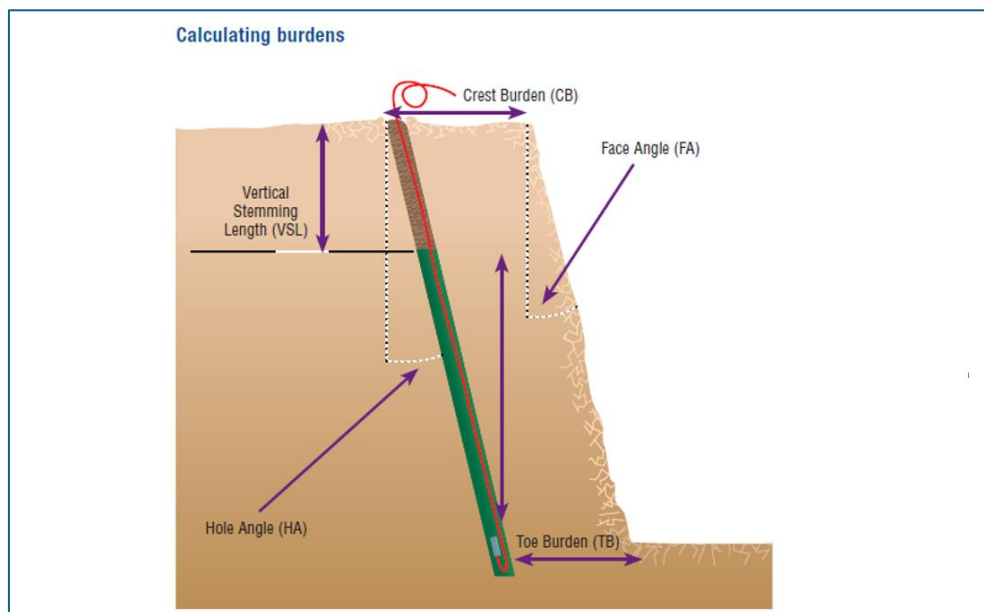
Por ejemplo, en minería de minerales, se busca una fragmentación fina para optimizar los procesos posteriores en planta. En cambio, para aplicaciones como construcción de rompeolas o ataguías, se prefiere obtener bloques grandes. Mientras que el desplazamiento se relaciona con el movimiento del material fragmentado y con la forma en que este se acumula, lo cual debe adaptarse al tipo de maquinaria (palas, volquetes) utilizada para su carga y transporte. (EXSA, 2019)

2.2.15.24 Burden

El burden, también conocido como piedra, borde o línea de menor resistencia hacia la cara libre, representa la distancia entre el pie o eje de un taladro y la cara libre más próxima y perpendicular. Asimismo, puede referirse al espacio entre filas de taladros en una voladura. Este

parámetro es considerado el más crítico para el éxito de la voladura, ya que influye directamente en su efectividad. Su valor depende de varios factores: el diámetro de perforación, las características de la roca, la altura del banco y las propiedades del explosivo a utilizar. El burden se define con base en el nivel de fragmentación y desplazamiento del material volado que se desea lograr. Si esta distancia es demasiado amplia, la energía de la explosión enfrentará una resistencia excesiva al momento de fracturar la roca, lo que puede provocar una fuga de gases y generar un cráter en la parte superior del taladro sin romper adecuadamente el macizo rocoso. (EXSA, 2019)

Figura 9.
Burden en voladura



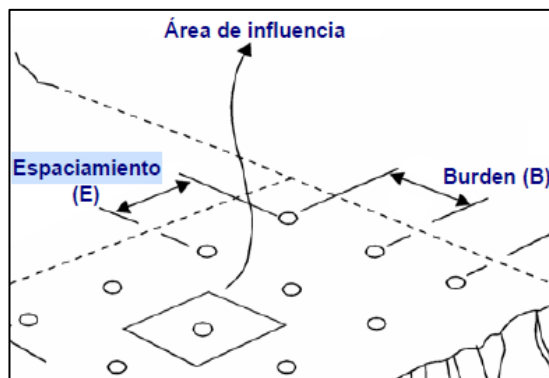
Fuente: Dyno Nobel. (2010). Blasting and Explosives Quick Reference Guide: Burden and Spacing Calculations. Recuperado de Mining Doc

2.2.15.25 Espaciamiento

En el ámbito minero, el espaciamiento de los taladros hace referencia a la separación horizontal entre los centros de los barrenos

ubicados en la misma línea dentro de una malla de perforación destinada a la voladura. Este factor es fundamental en el diseño de las voladuras, ya que influye directamente en la manera en que se fragmenta la roca, en el movimiento del material y en la eficacia global del proceso de voladura.

Figura 10.
Espaciamiento entre taladros



Nota: Figura extraída de (EXSA, 2019)

2.2.15.26 Sostenimiento

Hace referencia al conjunto de métodos y elementos utilizados para alcanzar una estabilidad óptima y mantener la resistencia frente a las cargas generadas por las masas rocosas cercanas al contorno de las labores subterráneas. Algunas formas de sostenimiento son:

Pernos helicoidales

Los pernos de roca son elementos de sostenimiento que actúan como refuerzos pasivos o activos dentro de una masa rocosa, proporcionando confinamiento y estabilidad al entorno excavado. Su función principal es vincular bloques inestables con la masa rocosa competente para prevenir desprendimientos. (Hoek & Brown, 2019)

Figura 11.
Perno Helicoidal

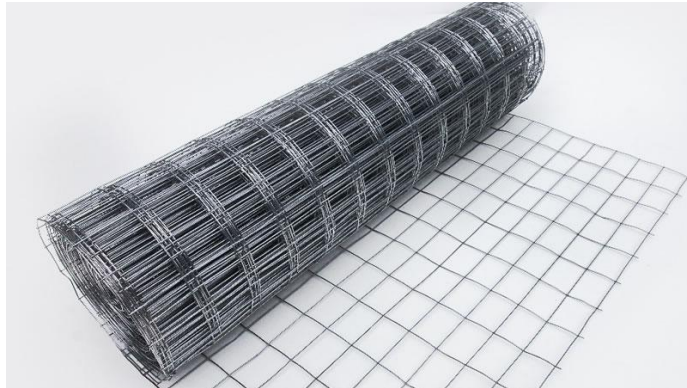


Malla electrosoldada

La malla electrosoldada es una estructura metálica compuesta por barras dispuestas ortogonalmente y unidas mediante soldadura por fisión, sin necesidad de material adicional en los puntos de cruce. Se fabrica conforme a la norma IRAM-IAS U 500-06, utilizando acero T-500 laminado en frío, con un límite elástico de 500 MPa. Este tipo de malla se ofrece en diversas configuraciones de secciones, diámetros y tamaños, según su uso específico.

Gracias a la soldadura por fisión eléctrica, se logran uniones resistentes y acabados precisos. Las intersecciones soldadas permiten una excelente adherencia al concreto, y el uso de acero AT56 – 50H, por su alta resistencia, posibilita reducir el espesor de las barras, facilitando así una instalación rápida y eficiente. (Ramirez C. , 2024)

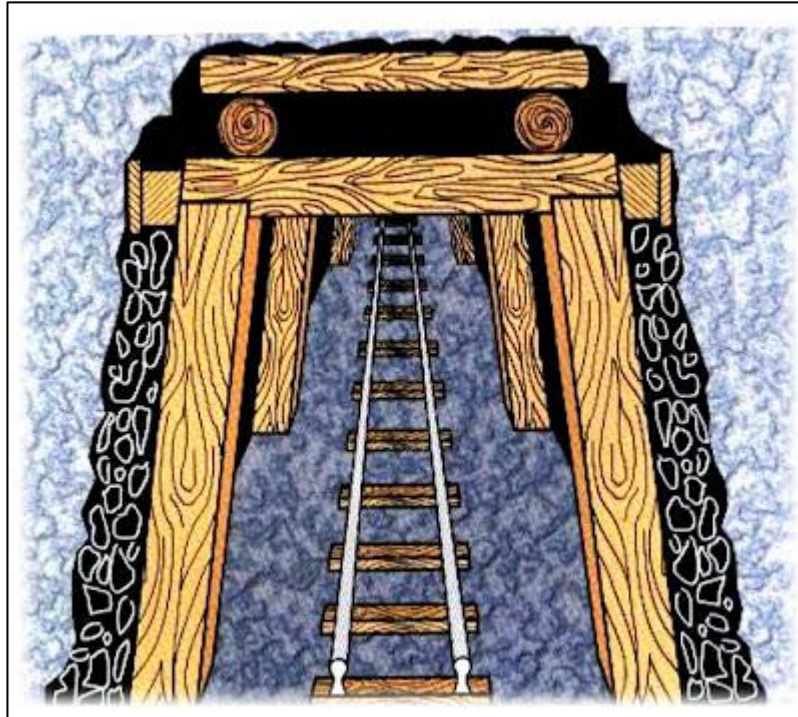
Figura 12.
Malla electrosoldada



Cuadros de madera

El sostenimiento con cuadros de madera es una técnica tradicional empleada en minería subterránea para brindar estabilidad a las labores. Consiste en ensamblar estructuras mediante vigas o troncos dispuestos en forma de retícula, generando un marco resistente que soporta el terreno. Aunque su uso ha disminuido frente a materiales más modernos como el acero, sigue siendo una opción válida en contextos específicos, especialmente en explotaciones artesanales o de menor escala. (Ramirez C. , 2024)

Figura 13.
Cuadro de madera



III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Tipo de investigación

La elaboración de este trabajo, se utilizó la investigación Aplicada, como indican Arias y Covinos (2021, p. 68). Este enfoque investigativo se enfoca en solucionar problemas concretos a través de la implementación y el uso práctico de conocimientos y teorías preexistentes. La investigación Aplicada se categoriza según sus propósitos y emplea la teoría obtenida de la investigación básica para tratar cuestiones prácticas, siendo habitual en áreas como la ingeniería y la medicina.

3.1.2 Nivel de Investigación

El estudio se desarrolló bajo un enfoque aplicado correlacional, ya que tuvo como propósito identificar y determinar la relación existente entre dos o más variables incluidas en la investigación, sustentando las hipótesis planteadas en los resultados obtenidos mediante el análisis de correlación.

3.1.3 Diseño de investigación

El enfoque de este proyecto es explicativo y no experimental. (Valenzuela et al., 2019) Esto implica que la investigación de carácter no experimental se ocupa de estudios en los que no se alteran las variables intencionalmente y se basa en la observación de los acontecimientos tal como ocurren, sin intervención directa.

3.1.4 Población y Muestra

3.1.4.1 Población

Se entiende como el conjunto de casos que coinciden con determinados criterios o especificaciones sobre los cuales se generalizaran las conclusiones resultantes de una investigación (Hernandez Sampieri et al., 2014) es decir, vendría a ser el conjunto de elementos que poseen cualidades similares, y por ende ser válidas las conclusiones de la investigación. En el contexto de esta investigación la población de estudio está compuesta por las labores verticales e inclinados de la Unidad Minera Los Tesoros del Inca.

3.1.4.2 Muestra

Según Hernández (2018) “Los datos pertinentes se obtienen de la muestra, que es un subconjunto de la población o universo de interés y debe ser representativa de este último” (p.196), se consideró al pique inclinado 719 como muestra de la investigación.

Existen 2 métodos de selección de muestra: la muestra probabilística y no probabilística o dirigida; en la elección por la selección de la muestra, esta última “no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación”. (Hernández Sampieri et al., 2014, p. 176)

3.1.5 Unidad de análisis.

Según Hurtado de Barrera (2008), la unidad de análisis en un estudio es entendida como los partes o secciones de información que constituyen el foco de investigación o sobre los cuales se llevan a cabo los criterios de evaluación. Estas unidades pueden incluir personas, comunidades, sucesos o cualquier otra categoría que el investigador decida examinar de forma pormenorizada y concreta. Definir y delimitar adecuadamente las unidades de análisis es

fundamental para garantizar la fiabilidad y exactitud de los hallazgos de la investigación.

1.1.1 Criterios De Inclusión y Exclusión

3.1.5.1 Criterios de inclusión

- Tipo de mina: Minas artesanales y de pequeña escala con producción subterránea.
- Método de extracción: Operaciones que empleen piques inclinados como infraestructura principal de acceso y transporte.
- Equipos utilizados: Uso de carros U-35 para el movimiento de mineral y desmonte dentro de la mina.
- Factibilidad técnica: Yacimientos con condiciones geomecánicas adecuadas para la construcción de un pique inclinado.
- Enfoque económico: Proyectos que permitan evaluar costos de implementación y operación del sistema de transporte.
- Software de modelado: Aplicación de herramientas como MinePlan u otro software de simulación minera para el diseño del pique.

3.1.5.2 Criterios de exclusión

- Minas de gran escala: Operaciones industriales con infraestructura y métodos de extracción distintos a los utilizados en minería artesanal y pequeña.
- Piques verticales: Diseños de acceso que no correspondan a piques inclinados.
- Equipos diferentes: Sistemas de transporte que no empleen carros U-35 o que utilicen métodos mecanizados distintos.

- Condiciones geológicas inestables: Yacimientos con riesgo elevado de colapsos o con características geomecánicas que impidan la construcción segura de un pique inclinado.
- Limitaciones económicas: Proyectos cuya implementación sea inviable por costos excesivos en relación con la escala de producción.
- Falta de datos técnicos: Estudios sin información suficiente para validar el diseño y modelado del pique

3.1.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.1.6.1 Técnicas

Observación

La observación se realizará la recolección de datos en campo en este caso de la labor actual pique central, mediante la técnica observacional y procesamiento de datos actuales de los ciclos de izaje.

Recopilación:

La recolección de datos de planeamiento y del área de geomecánica las cuales se utilizando programa Excel y hacer uso de tesis, libros y laptop para el procesamiento de los datos.

3.1.7 Instrumentos

Los instrumentos que se usaron para la recolección de datos fueron: planos de mina, planos geotécnicos y registros de la mina.

3.1.8 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El procesamiento de datos obtenidos de campo y análisis de cada uno de ellos, se realizar en gabinete, para lo cual se apoyará en programas como; Mine Plan, deswik, autocad, Microsoft Excel, SpSS, la data será organizados y sintetizadas en tablas y dibujos, estadística inferencial para la prueba de hipótesis, entre otros, los cuales presentaremos en los resultados.

3.2 Hipótesis

3.2.1 Formulación de hipótesis general

El Diseño y simulación del pique inclinado 719 incrementa la producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024.

3.2.2 Formulación de hipótesis específicas

- Los parámetros geomecánicos, influyen en el incremento de producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024.
- El diseño del pique inclinado 719, influye en el incremento de producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024.
- La evaluación de la factibilidad económica del diseño del pique inclinado 719, influye en el incremento de producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024

3.3 Variables e indicadores

3.3.1 Variable dependiente:

Diseño y simulación del pique inclinado 719

Parámetros de diseño del pique inclinado 719

Parámetros geomecánicas

Evaluación Económica de la extracción

3.3.2 Variable independiente:

Incremento de producción de izaje

Eficiencia operativa

Capacidad de extracción de mineral y desmonte Tm/año

3.3.3 Operacionalización de las variables

Tabla 3.
Operacionalización de variables

Variable	Definición	Dimensión	Indicador
Independiente: Diseño y simulación del pique inclinado 719	Teórica: Proceso técnico y metodológico mediante el cual se establece, modela y evalúa la configuración geométrica de una labor minera inclinada destinada al acceso y extracción de recursos en un yacimiento específico. Operacional: La variable se mide a través de parámetros de diseño del pique inclinado	Parámetros de diseño	Sección del pique
			Longitud / pendiente / inclinación
		Parámetros geomecánicos	Índice RMR
			Cohesión efectiva
		Evaluación económica	Costo unitario de extracción
		VAN / TIR / PRI	
	Es el Aumento cuantitativo y cualitativo en la	Eficiencia operativa	Factor de utilización del izaje

Incremento de producción de izaje	Dependiente:	capacidad de extracción vertical de mineral mediante sistemas de izaje, como winches, skips o jaulas, dentro de una operación minera subterránea. Operacional: La variable se mide a través de la eficiencia operativa y la capacidad de extracción del mineral.	Capacidad de extracción	Rendimiento promedio por ciclo
				Producción anual de mineral
				Producción anual de desmonte

3.4 Mina Los Tesoros del Inca

3.4.1 Ubicación

El depósito polimetálico de Ag-Cu-Pb-Zn-(Au) Diluvio se encuentra en el lado occidental de la cordillera del oeste peruano, en el área de Huayuchayoc, a 7 kilómetros de la localidad de Otoa, que pertenece al distrito de Otoa, en la provincia de Lucanas, dentro del departamento de Ayacucho.

La mina se encuentra a una altitud media de 2,600 metros sobre el nivel del mar y está situada a unos 521 kilómetros de la ciudad de Lima. En esa área, la compañía minera S.M.R.L. Los Tesoros del Inca cuenta con cuatro concesiones mineras.

Figura 14.
Ubicación geográfica, Mina los Tesoros del Inca



Nota: Mapa extraído de Geocatmin 2025.

Tabla 4.
Coordenadas de Mina Los Tesoros del Inca

Mina Los Tesoros del Inca		
Vértice	Coordenadas	
	Este	Norte
A	531000	8393000
B	531000	8391000
C	532000	8391000
D	532000	8393000

La Mina Tesoros del Inca está conformada por el derecho minero denominado Los tesoros del Inca, que suma 200.00 Has y un perímetro de 6,000.00 metros lineales En la figura 6 se puede observar la ubicación geográfica de la Mina Tesoros del Inca.

3.5 Acceso

El acceso a la Mina es a través de la Panamericana Sur (carretera asfaltada), pudiéndose llegar por vía terrestre hasta el desvío de Ingenio (Km. 450 de la Panamericana Sur); desde este punto hasta la mina es por medio de una carretera asfaltada y afirmada; a una distancia aproximada de 71 Km.

Tabla 5.
Acceso a Mina Tesoros del Inca

Carretera	De	A	Distancia (km)
Asfaltada	Lima	Desvió Ingenio	450
Asfaltada	Desvió Ingenio	Ingenio	13
Afirmada	Ingenio	Desvió Otocha	46
Afirmada	Desvió Otocha	Mina Tesoros del Inca	12
Total			521

Nota: Se indica el total de kilómetros desde Lima hasta la mina Tesoros del Inca

3.6 Historia

La mina adquirió el nombre de "El Diluvio" debido a las intensas precipitaciones registradas en la zona durante la temporada de verano. Los trabajos mineros en la zona comenzaron en la década de 1990, pero no avanzaron significativamente debido al bajo precio del cobre en ese entonces. Entre 2004 y 2006, Minera Cerro Cóndor S.A.C. reanudó las exploraciones, encontrando vetas pequeñas en forma de rosario. Realizaron corridas de 50 a 100 metros para interceptarlas y explotarlas, pero suspendieron las operaciones nuevamente debido a los altos costos y la baja producción.

A partir del 2012, Minera Maray S.R.L. comenzó a negociar con Minera Cerro Cóndor S.A.C., llegando a un acuerdo para realizar trabajos de exploración

y explotación en la zona. Iniciaron operaciones utilizando el método de subniveles con trabajos en frentes y galerías, aunque de manera informal. La legislación de 1990 y la falta de personal calificado en la mina, que en su mayoría eran trabajadores de las comunidades cercanas, resultó en numerosos accidentes y pérdidas materiales. En 2017, con el cambio de gerente, se decidió formalizar la empresa, contratando a la consultora Ary Solutions y Consultores S.A.C. para implementar un sistema de gestión y cumplir con la ley 29783 y su reglamento de minería, con el objetivo de minimizar los accidentes, promover una cultura de seguridad, optimizar procesos y mejorar la explotación sostenible de los recursos. (Medina, 2019)

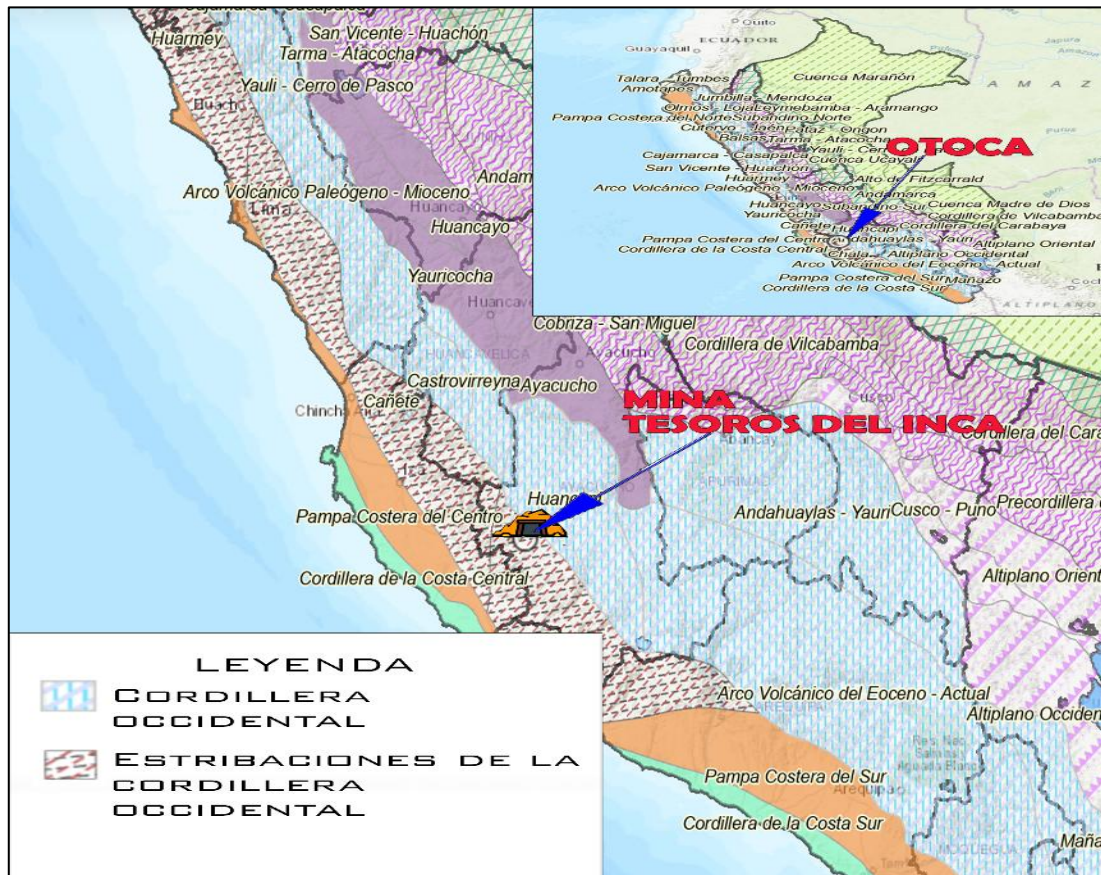
3.6.1 Geología – Yacimiento Mineral

La mineralización en la Mina Tesoros del Inca está constituida por vetas polimetálicas Cu-Ag-Pb-Zn-(Au) asociado a vetas de cuarzo brechados que rellenan fracturas en sedimentos, y están relacionadas con la actividad magmático-hidrotermal del Batolito de la Costa. La mineralización se presenta en vetas, vetillas, cuerpos de brecha y mantos.

Diluvio es un yacimiento polimetálico, que se encuentra geográficamente en el lado occidental de la cordillera occidental en Perú, específicamente en la zona de Huayuchayoc, a 7 kilómetros de Otoa, ubicada en el distrito de Otoa, en la provincia de Lucanas, dentro del departamento de Ayacucho. Desde el punto de vista geológico, se ubica en la franja metalogenética asociada a depósitos de Au-Cu-Pb-Zn, vinculados a intrusiones del periodo Cretácico Superior. La propiedad minera abarca un área de 200 hectáreas. Se realizó un reconocimiento geológico en una porción de 24 hectáreas; por lo tanto, 176 hectáreas aún necesitan ser exploradas para completar la evaluación de toda la

propiedad. La operación del proyecto minero Chunka Diluvio está a cargo de S. M. R. L. Los tesoros del Inca, quienes indican que la ley promedio del mineral seleccionado es: Cu Total entre 3 y 4 %; Ag 6 Oz/tc; Pb entre 1 y 2%; Zn 1. 5%. Las estructuras mineralizadas principales siguen una dirección predominante NE-SW y tienen inclinaciones hacia el SE. De acuerdo con las exploraciones realizadas, se han identificado 9 vetas relevantes y 11 sistemas de fracturas tensionales, que presentan rellenos de cuarzo brechado y/o cuarzo blanquecino conocido como vetillas tipo A. La mineralización económicamente favorable se localiza en áreas de vetas con características de tensión, con relleno de cuarzo brechado, y está asociada a la actividad magmática hidrotermal del Batolito de la Costa, así como a cuerpos de brechas y mantos. (López y Torres, 2019) (Lopez & Torres, 2019)

Figura 15.
Mapa geológico del yacimiento



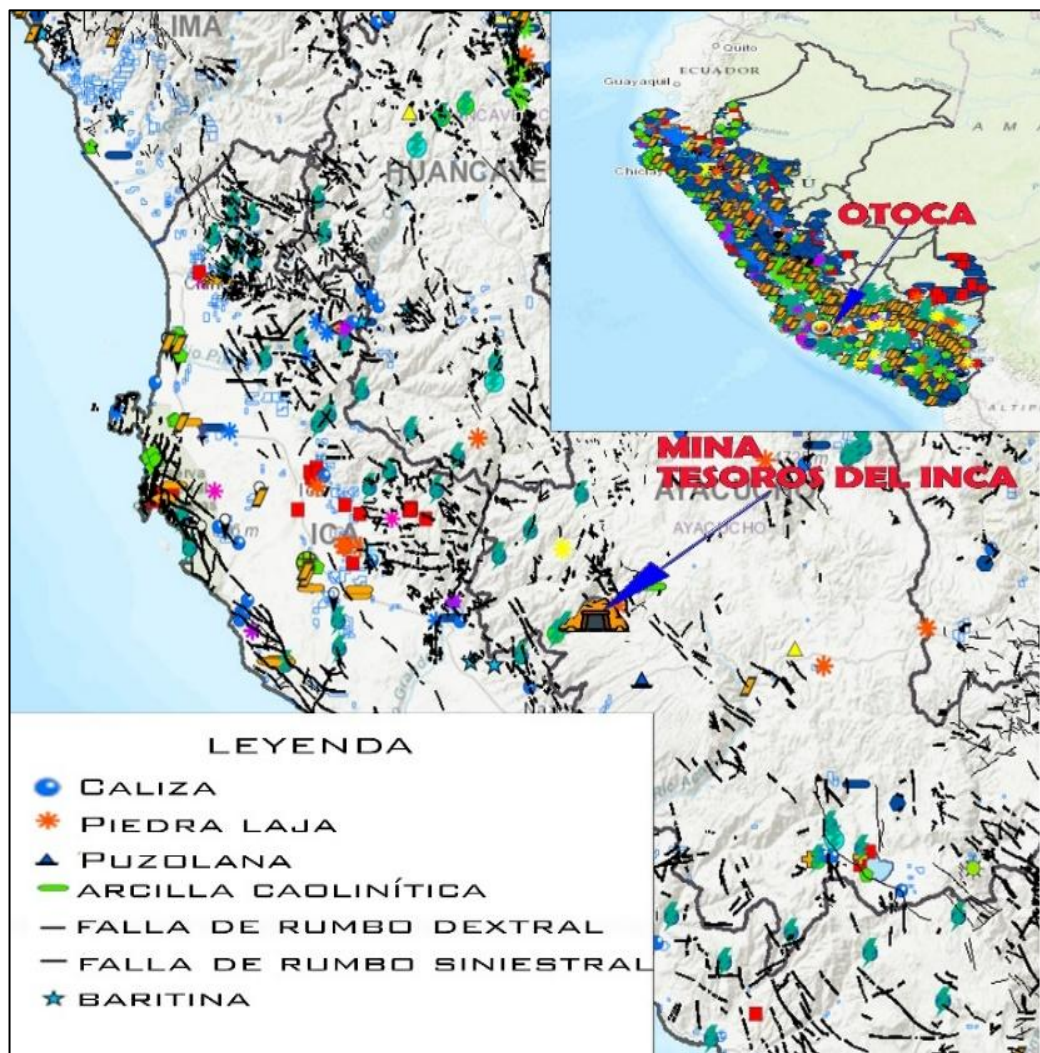
Nota. Extraído de Geocatmin 2025.

3.6.2 Geología Estructural

La cadena montañosa de los Andes muestra variaciones locales en su orientación NO-SE, las cuales parecen ser influenciadas por fallas de rumbo. Estas fracturas y características estructurales dan lugar a dos sistemas principales: uno que se extiende en dirección NO-SE, alineado con el batolito costero, los drenajes de las áreas noroccidental y suroriental, la disposición de los conos volcánicos del sur y la mineralización de pórfidos de cobre. El otro sistema se orienta NE-SO y atraviesa la dirección de los Andes, vinculado a chimeneas de brechas y centros volcánicos en el sur de Perú. El Grupo Yura,

correspondiente al Jurásico-Cretáceo, incluye una espesa secuencia sedimentaria que se compone de areniscas, lutitas y calizas. Por otro lado, el Grupo Nasca contiene tobas de cristales de origen riolítico y tobas de Lapilli. (Medina, 2019).

Figura 16.
Mapa estructural, Mina Tesoros del Inca



Nota. Extraído de Geocatmin 2025.

3.6.3 Geología Local

En el Área de Estudio, la litología está constituida por rocas sedimentarias de la Grupo Yura intruidas concordantemente por cuerpos subvolcánicos de composición andesítica.

Figura 17.
Geología local



Nota. Extraído de Geocatmin 2025.

3.6.4 Descripción De Vetas

En la Mina Tesoros del Inca, se han cartografiado tres (03) vetas principales, en algunos casos proyectados, de 10 a 350m de longitud. La mineralización se desarrolla generalmente en estructuras bien definidas y en ocasiones arrosariadas (Principal); los anchos varían entre 0.3 y 2.7m. Es muy común el desarrollo de lazos sigmoides (ramales) que generan en sus intersecciones zonas favorables para la ocurrencia de mineralización económica.

Los principales minerales de mena reportados son: galena, esfalerita, calcopirita; y como minerales de ganga destacan: pirita, arsenopirita, cobres grises, cuarzo en tres generaciones (blanco, hialino y gris), malaquita, azufre y psilomelano.

3.6.5 Veta Principal

La veta principal tiene una longitud aproximada de 260metros, alineada a fallas NE-SW, con buzamiento de 70° aproximadamente; el Nv-5 nivel inferior tiene una cota de 2,686m.s.n.m. y el Nv-1 nivel superior tiene una cota de 2,821 m.s.n.m., de los cuales solo se encuentran actualmente en operación los niveles 3, 4 y 5, lo que hacen un desnivel de 135 metros.

3.6.6 Veta lucero

La veta Lucero tiene una longitud reconocida aproximada de 75 metros, alineada a fallas NE-SW, con buzamiento de 85° aproximadamente; el Nv -5 único nivel donde se desarrolla laboreo en la cota de 2,686 m.s.n.m.

IV Resultados y discusión

4.1 Desarrollo de la investigación

El desarrollo de este proyecto de investigación se basa en un enfoque no experimental, cuyo objetivo es diseñar y simular de manera integral el sistema de extracción mediante el pique inclinado de la Unidad Minera Los Tesoros del Inca. Debido a que en la minería artesanal o pequeña minería el sistema de extracción juega un papel crucial en el desarrollo de explotación, es esencial tratar los procedimientos metodológicos con atención y precisión, considerando tanto los aspectos geomecánicos, costo beneficio y diseño del pique inclinado.

Los métodos que se han utilizado en esta investigación han sido elaborados con la finalidad de lograr cada uno de los objetivos específicos previamente establecidos. Para ello, se llevaron a cabo diversas fases de trabajo que incluyen la caracterización geomecánica del macizo rocoso, el diseño y la simulación de la labor. Cada una de estas etapas se ha realizado siguiendo protocolos técnicos establecidos y utilizando tecnologías avanzadas, como diseño en Mineplan y análisis de distribución de laboreo por Project.

A continuación, se detallan los procedimientos específicos que facilitaron la obtención de los resultados deseados en cada fase de la investigación. Se explican en profundidad las herramientas empleadas, los cálculos realizados, así como las pruebas en campo y laboratorio. Estos procedimientos no solo establecen un marco técnico para la implementación de los explosivos, sino que también permiten validar su efectividad en mejorar la calidad de la voladura, disminuir los daños en el macizo rocoso y optimizar la eficiencia operativa.

4.2 Geomecánica de la labor

4.2.1 Geomecánica del pique inclinado 719

El macizo rocoso en el que se realizará el pique inclinado 719, junto con las estaciones superior e inferior del sistema de izaje, y la roca que soportará las labores en los niveles 2680 y 2550, consisten en desmonte compuesto predominantemente por pizarra, lo cual significa que es un macizo rocoso geotécnicamente competente IIIA

4.2.1.1 Clasificación Geomecánica G.S.I.

La veta Tesoros Del Inca se encuentra vinculada a diversos ramales y estructuras tensionales que emergen de la veta principal. Las cajas encajonantes, tanto en el techo como en el piso, suelen estar conformadas por roca tipo IIA, específicamente FB/FR, lo que ocasionalmente requiere el uso de sostenimiento con pernos y malla.

Figura 18.
Tabla GSI modificada

TESOROS DEL INCA		SOSTENIMIENTO SEGUN GSI MODIFICADO		LABORES MINERAS DE DESARROLLO Y EXPLOTACION (2.50 a 4.50 m. de Luz)	
A	Sin soporte o perno ocasional (control de bloques inestables)	A	100	A	100
B	Perno sistematico. (1.8 x 1.8 m.) (cinta metalica o malla ocasional)	B	95	B	95
C	Perno sistematico. (1.5 x 1.5 m.) (cinta metalica o malla obligatoria)	C	90	C	90
D	Perno sistematico. (1.20 x 1.20 m.) Shotcrete con fibra (0.05 m.) Cuadros de madera.	D	85	D	85
D1	Pernos sistematicos (1.0 x 1.0 m.) Shotcrete con fibra (0.10 m.) Cuadros de madera.	D1	80	D1	80
E	Cimbras metalicas o Cuadros de madera.	E	75	E	75
ESTRUCTURA		RESISTENCIA Y/O CONDICION SUPERFICIAL		RESISTENCIA Y/O CONDICION SUPERFICIAL	
Abaco de relacion con RMR. LEVEMENTE FRACTURADA. Tres o menos sistemas de discontinuidades muy espaciadas entre si. (2 a 6 fract. por metro) (RQD 75 - 90) (RQD = 115 - 3.3 Jn.) (LF)		MUY BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA) (M B) Superficie de las discontinuidades muy rugosas e inalteradas, cerradas. (RC > 250 MPa) (se analiza con golpes de picota)		MUY BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA) (M B) Superficie de las discontinuidades muy rugosas e inalteradas, cerradas. (RC > 250 MPa) (se analiza con golpes de picota)	
MODERADAMENTE FRACTURADA. Muy bien trabada, no disturbada, bloques cúbicos formados por tres sistemas de discontinuidades ortogonales. (RQD 50 - 75) (5 a 12 Fract. por metro) (F)		BUENA (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) (B) Discontinuidades rugosas, liv. alterada, macizas de oxidación, liger. abierta. (RC 100 a 250 MPa) (se rompe con varios golpes de picota)		BUENA (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) (B) Discontinuidades rugosas, liv. alterada, macizas de oxidación, liger. abierta. (RC 100 a 250 MPa) (se rompe con varios golpes de picota)	
MUY FRACTURADA. Moderadamente trabada, parcialmente disturbada, bloques angulosos formados por cuatro o mas sistemas de discontinuidades. (RQD 25 - 50) (12 a 20 Fract. por metro) (MF)		REGULAR (MODER. RESIST. LEVE A MOD. ALTERA) (R) Discontinuidades lisas, moderadamente alterada, ligeramente abiertas. (RC 50 a 100 MPa) (se rompe con uno o dos golpes de picota)		REGULAR (MODER. RESIST. LEVE A MOD. ALTERA) (R) Discontinuidades lisas, moderadamente alterada, ligeramente abiertas. (RC 50 a 100 MPa) (se rompe con uno o dos golpes de picota)	
INTENSAMENTE FRACTURADA. Plegamiento y fallamiento, con muchas discontinuidades interceptadas formando bloques angulosos o irregulares. (RQD 0 - 25) (mas de 20 Fract. por metro) (IF)		MALA (BLANDA, MUY ALTERADA) (M) Superficie pulida o con estrías, muy alterada, relleno compacto o con fragmentos de roca. (RC 25 a 50 MPa) - (se indenta superficialmente)		MALA (BLANDA, MUY ALTERADA) (M) Superficie pulida o con estrías, muy alterada, relleno compacto o con fragmentos de roca. (RC 25 a 50 MPa) - (se indenta superficialmente)	
TRITURADA O BRECHADA. Ligeramente trabada, masa rocosa extremadamente rota con una mezcla de fragmentos facilmente desagregables, angulosos y redondeados. (sin RQD) (T)		MUY MALA (MUY BLANDA, EXTREMAD. ALTERADA) (MM) Superficie pulida y estrada, muy abierta con relleno de arcillas blancas. (RC < 25 MPa) (se desmenuza o indenta profundamente)		MUY MALA (MUY BLANDA, EXTREMAD. ALTERADA) (MM) Superficie pulida y estrada, muy abierta con relleno de arcillas blancas. (RC < 25 MPa) (se desmenuza o indenta profundamente)	

4.2.1.2 Tiempos de auto soporte

Factores influyentes en el comportamiento del macizo rocoso excavado

- Influencia de agua
- Influencia de esfuerzos
- Influencia de orientación de discontinuidades
- Factores de excavación

4.3 Pique Inclinado 719

El proyecto construcción del pique inclinado 719, se justifica por las siguientes razones:

- Construir un pique vertical para descender 100 metros tomaría aproximadamente ocho meses. Sin embargo, un pique inclinado sólo requeriría

cuatro meses y permitiría la extracción inmediata del mineral, ya que se excava siguiendo el rumbo e inclinación de la veta.

- En los niveles 2550 y 2670 de la veta tesoros del Inca, una vez terminada la construcción del pique inclinado, se desarrollarán galerías hacia el Este y el Oeste. Posteriormente, se procederá con la preparación de los bloques de explotación.
- Para la construcción del pique inclinado se requiere maquinaria, materiales e instalaciones mínimas.
- El costo unitario de construcción comparado con el pique vertical de igual sección, resulta menor.

4.3.1 Condiciones del terreno en el área del inclinado

Después de una evaluación geomecánica, el pique inclinado ha sido ubicado en los niveles 2550 y 2670. A continuación, se detalla el resultado de la evaluación:

Cobertura: 120 m. (entre niveles 2550 y 2670)

Grado de alteración (A): Sin signos de alteración

Grado de resistencia (R): Roca moderadamente resistente

Grado de fracturamiento: Escasa fracturación

RQD (% estimado): 50 – 75 %

RMR (clase/valor): Clase IIIA Valor 41- 60

Tipo de roca: Roca medianamente dura

Problemas geotécnicos: Sin mayores problemas lito-estructurales

4.3.2 Planificación de labores del pique inclinado

Para el diseño y construcción de los piques inclinados sucesivos, se realizarán una serie de labores durante las guardias de trabajo. Estas labores serán ejecutadas por una empresa contratista, la cual será remunerada por precio unitario por metro ejecutado, además de tareas administrativas.

A continuación, se detallan los tipos de labores y la cantidad de metros necesarios para la ejecución del proyecto:

Tabla 6.
Labores mineras del pique inclinado 719

N°	Código	Labor	Ancho (m)	Altura (m)	Metros totales (m)	Descripción
1	Ch 408N	Chimenea	2.5	2.5	10	Camino 1
2	Cx 405N-SE	Crucero	4	4	8	Casa Winche
3	Cx 408N-SE	Nivel	3	3	15.5	Nivel Extracción
4	Cx 409N-SE	Crucero doble vía	2.5	2.5	10	Doble vía
5	Cx 411N-SE	Crucero	3	3	22	Cámara descarga
6	Ch 414N	Pocket mineral	1.5	1.5	13	Buzón mineral
7	Ch 418N	Pocket desmonte	1.5	1.5	13	Buzón desmonte
8	In 418N-SE	Inclinado	2.4	2.1	185	Inclinado I etapa
9	Cx 487N-SE	Nivel	3	3	32	Nivel ex. Medio
10	Ch 493N	Pocket mineral	1.5	1.5	13	Buzón mineral
11	Ch 497N	Pocket desmonte	1.5	1.5	13	Buzón desmonte
12	Ch 500N	Chimenea	2.5	2.5	10	Camino 2
13	Ct 491N-NW	Cortada	2.5	2.5	40	Conexión
14	Ch 513N	Chimenea	2.5	2.5	10	Camino 3
15	Ch 510N	Pocket mineral	1.5	1.5	13	Buzón mineral
16	Ch 506N	Pocket desmonte	1.5	1.5	13	Buzón desmonte
17	Cx 514N-SE	Crucero	4	4	8	Casa Winche
18	Cx 510N-SE	Crucero	3	3	22	Cámara descarga
19	Cx 505N-SE	Crucero Doble Vía	2.5	2.5	10	Doble vía
20	In 500N-SE	Inclinado	2.4	2.1	144	Inclinada II etapa
21	Nv 445N-SE	Nivel	3	3	32	Nivel ex. Inferior
22	Ch 443N	Pocket mineral	1.5	1.5	13	Buzón mineral
23	Ch 440N	Pocket desmonte	1.5	1.5	13	Buzón desmonte
24	Ch 442N	Chimenea	2.5	2.5	10	Camino 4
25	Cx 441N	Crucero	3	3	47	Unión a galería
26	GI1 416	Galería	3	3	5	Galería inferior
27	Rf 1-11	Refugio	1.5	1.8	1.2	Refugio seguridad
Total					732	Metros

Nota: Elaboración propia a partir de información del área de planeamiento

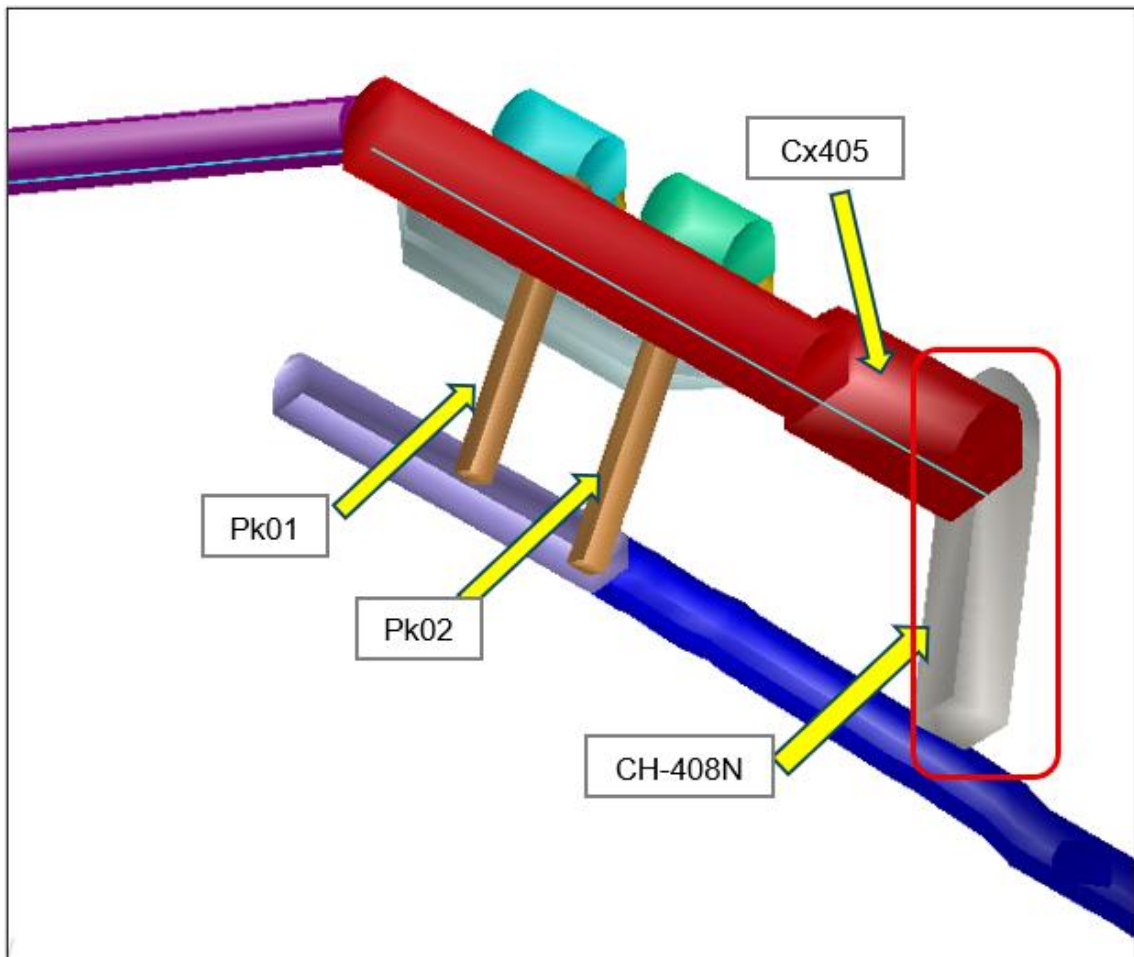
4.3.3 Construcción de labores preliminares del proyecto

4.3.3.1 Chimenea Camino

Se tienen las siguientes labores:

- Ch 408N
- Ch 500N
- Ch 513N
- Ch 442N

Figura 19.
Chimenea camino Ch 408N



Nota: Elaboración propia mediante Mineplan

Objetivo

Ser utilizado como camino y se utiliza para diversas funciones como ventilación, transporte de material, acceso de servicios y evacuación de emergencia

Diseño de sección

Ancho: 2.1 m.

Altura: 2.1 m.

Longitud: 10 m.

Estándar de P&V

Número de taladros

$$N^{\circ} t = \left(\frac{P}{dt} \right) + (c \times S)$$

P: circunferencia o perímetro de la sección del túnel, en m, que se obtiene con la fórmula:

$$P = 4 * \sqrt{A}$$

$$P = 4 * \sqrt{A}$$

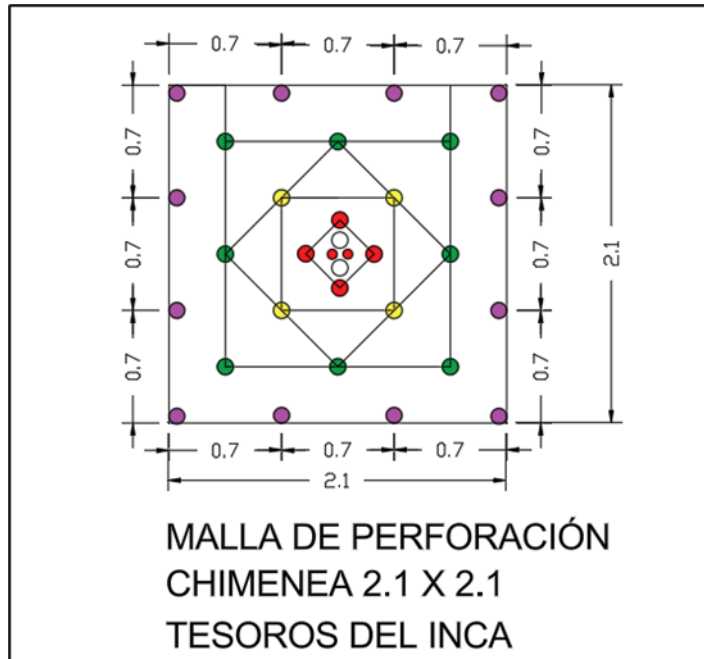
$$N^{\circ} t = \left(\frac{10}{0.6} \right) + (2 \times 6.5)$$

$$N^{\circ} t = 26 \text{ taladros} + 2 + 2 \text{ alivio}$$

Diagrama de Perforación

Se tomará en cuenta la siguiente malla de perforación:

Figura 20.
Diagrama de perforación Ch camino



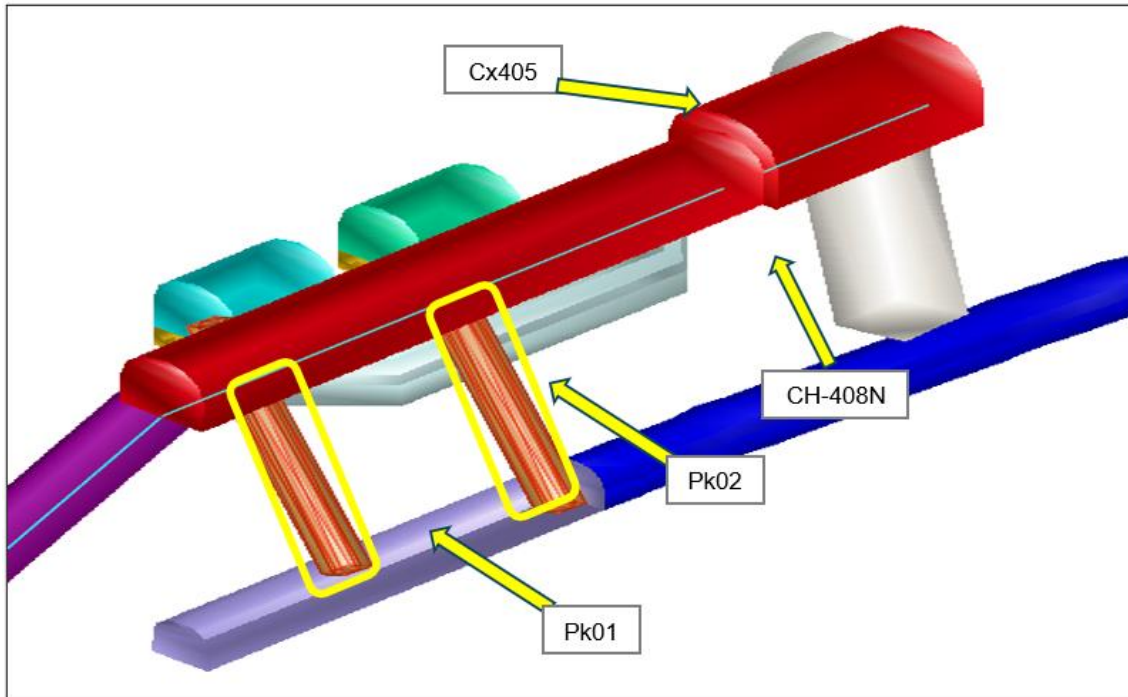
Nota: Elaboración propia

4.3.3.2 Chimenea Pocket (echaderos mineral y desmante)

Se tiene las siguientes labores:

- Ch 414N- Pk01
- Ch 418N-Pk02
- Ch 493N-Pk03
- Ch 497N-Pk04
- Ch 510N-Pk05
- Ch 506N-Pk06
- Ch 443N-Pk07
- Ch 440N-Pk08

Figura 21.
Ch pocket (echadero desmonte y mineral)

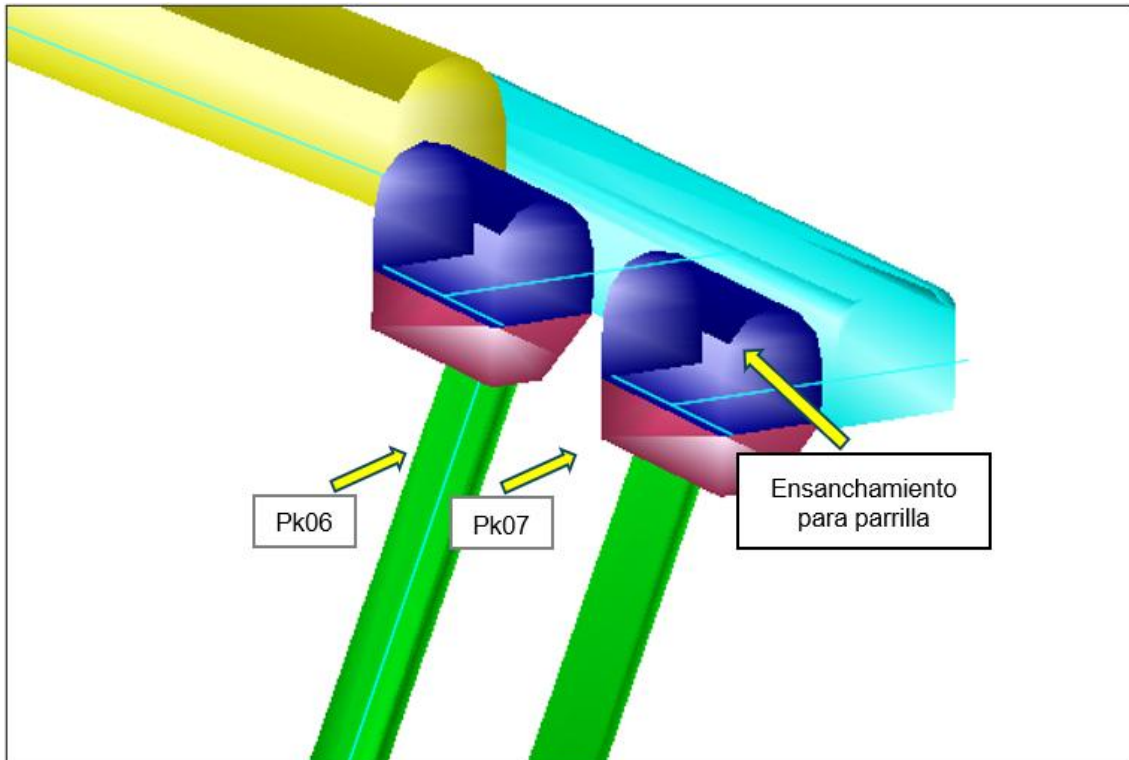


Nota: Elaboración propia en Mineplan

Objetivo

Las chimeneas se diseñan con el objetivo fundamental de funcionar como echadero de mineral, facilitando el manejo controlado del material extraído. Este sistema permitirá canalizar, mediante la acción de la gravedad, tanto el mineral destinado a ser procesado como el desmonte resultante de la remoción de estéril, sin necesidad de recurrir a equipos mecánicos costosos o complejos. De esta manera, se optimizará la economía operativa y se mejorará la seguridad en el transporte de los materiales.

Figura 22.
Ensanchamiento de pocket



Nota: Elaboración propia en Mineplan

Diseño y sección

Ancho: 1.5 m.

Altura: 1.5 m.

Estándar de P&V

Número de taladros

$$N^{\circ} T = \left(\frac{P}{dt}\right) + (c \times s)$$

P: circunferencia o perímetro de la sección del túnel, en m, que se obtiene con la fórmula:

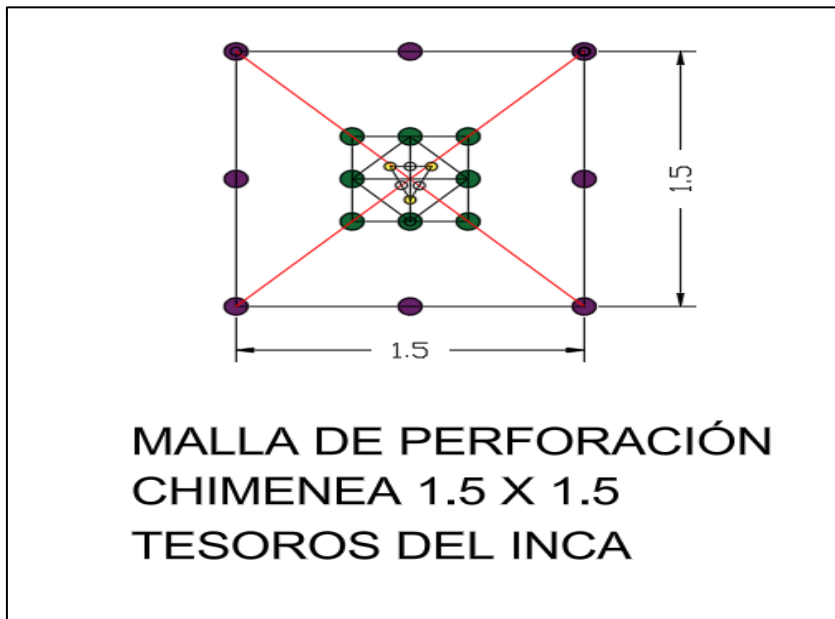
$$P = 4 * \sqrt{A}$$

$$N^{\circ} t = \left(\frac{6}{0.5}\right) + (2 \times 2.25)$$

$$N^{\circ} t = 17 \text{ taladros} + 2 + 3 \text{ alivio}$$

Diagrama de Perforación

Figura 23.
Diagrama de perforación para pocket



Nota: Elaboración propia

Labor : Chimenea – Pocket

Nº taladros :22

Nº taladros de alivio :3

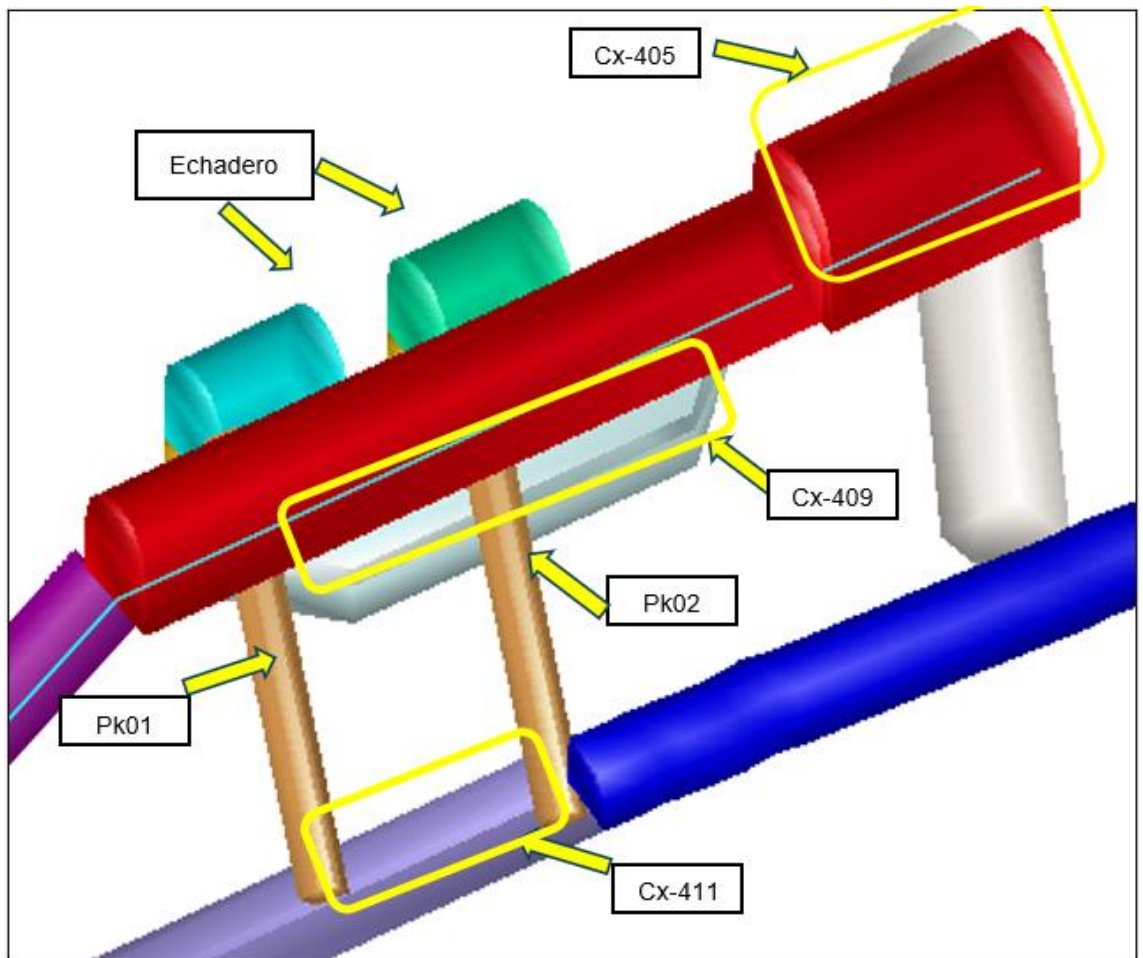
Equipo perforador : Jack leg

4.3.3.3 Crucero

Se tienen las siguientes labores:

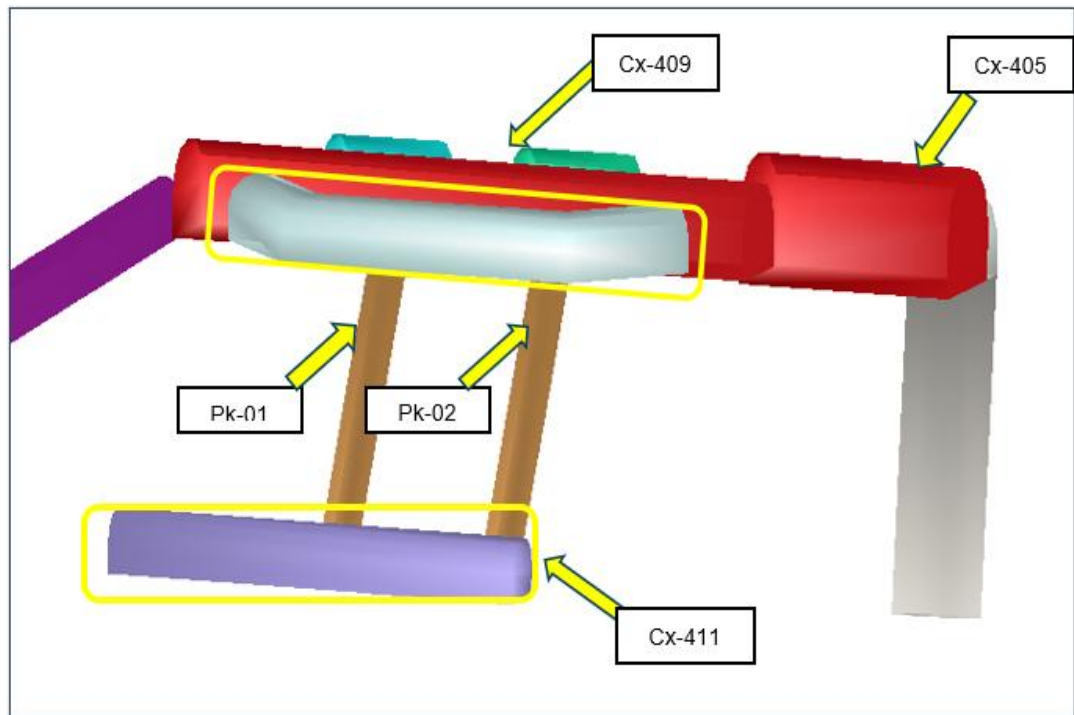
- Cx 405 (Nv 2685)
- Cx 411 (Nv 2670)
- Cx 514 (Nv 2615)
- Cx 510 (Nv 2600)
- Cx 441N (Nv 2540)

Figura 24.
Crucero para casa winche



Nota: Elaboración propia en Mineplan

Figura 25.
Crucero para cámara



Nota: Elaboración propia en Mineplan

Objetivo

Conectar diferentes niveles de la mina, facilitando el izaje de mineral, desmonte y equipos. Los cruceros propuestos serán destinados a ser cámara para el winche y cámara de descarga

Diseño y sección

Ancho: 4m. (casa winche); 3m (Cámara)

Altura: 4m. (casa winche); 3m (Cámara)

Estándar de P&V

Número de taladros (cámara winche: 4m x 4m)

- $N^{\circ} t = \left(\frac{P}{dt}\right) + (c x s)$

P: circunferencia o perímetro de la sección del túnel, en m, que se obtiene con la fórmula:

- $P = 4 * \sqrt{A}$

- $N^{\circ} t = \left(\frac{14.72}{0.5}\right) + (2 x 13.53)$

- $N^{\circ} t = 57 \text{ taladros}$

Número de taladros (Cámara descarga: 3m x3m)

$$N^{\circ} t = (P/dt) + (c x s)$$

P: circunferencia o perímetro de la sección del

túnel, en m, que se obtiene con la fórmula:

$$P=4*\sqrt{A}$$

$$N^{\circ} t = (11/(0.5)) + (2 x 7.57)$$

$$N^{\circ} t = 38 \text{ taladros}$$

4.3.3.4 Cruceros

Se tienen las siguientes labores:

Cx 408N-SE

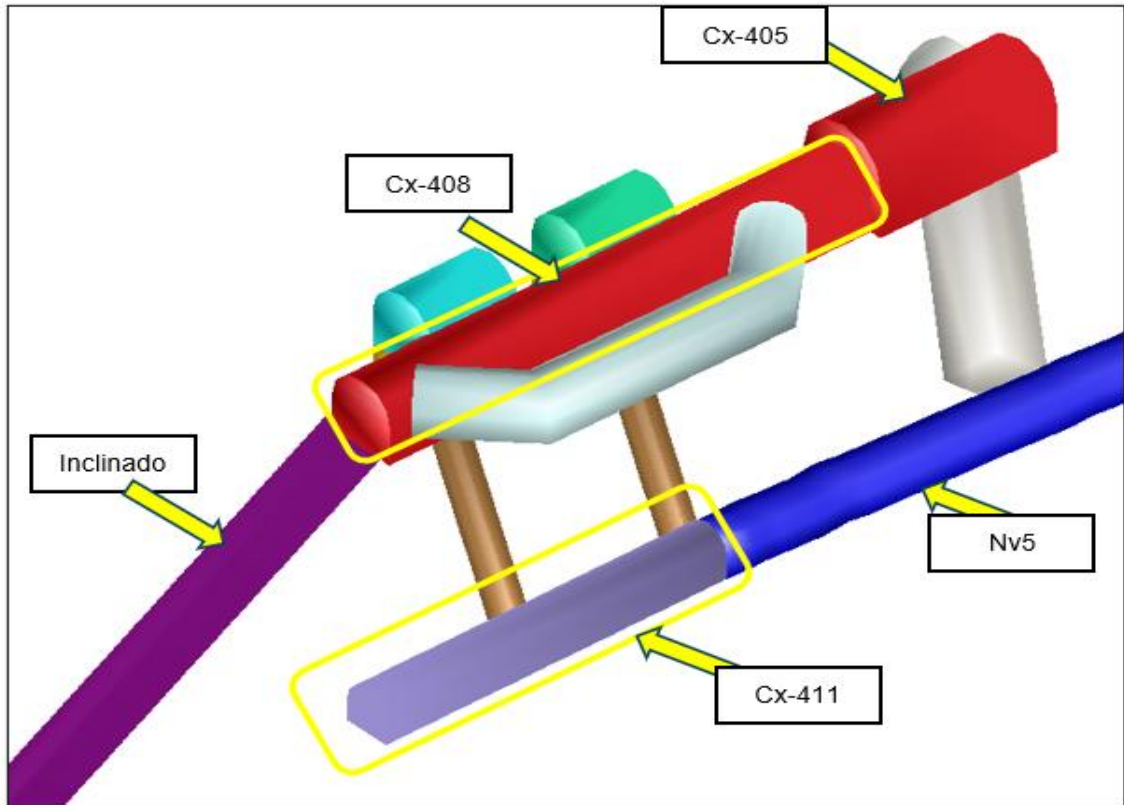
Cx 409N-SE

Cx 487N-SE

Cx 505N-SE

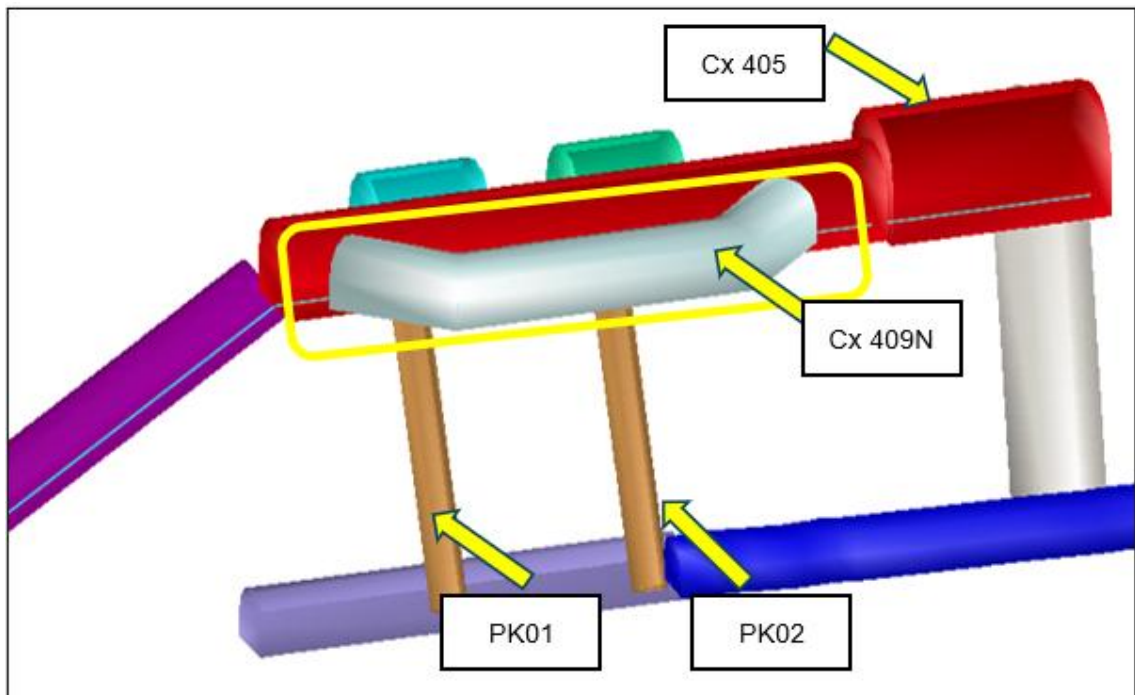
Cx 445N-SE

Figura 26.
Crucero nivel de preparación



Nota: Elaboración propia en Mineplan

Figura 27.
Crucero doble vía para stand by



Nota: Elaboración propia en Mineplan

Objetivo

Destinados para el proceso de extracción ya que estos dan origen a los echaderos de minerales y desmante; los niveles paralelos son para el stand by y ruta de retorno de los carros U-35

Diseño de sección

Ancho: 3m (Extracción); 2.5 (Doble vía)

Altura: 3m (Extracción); 2.5 (Doble Vía)

Estándar de P&V

Número de taladros (Nivel de extracción: 3m x3m)

- $N^{\circ} t = \left(\frac{P}{dt}\right) + (c x S)$

P: circunferencia o perímetro de la sección del túnel, en m, que se obtiene con la fórmula:

- $P = 4 * \sqrt{A}$

- $N^{\circ} t = \left(\frac{11}{0.6}\right) + (1.5 x 7.57)$

- $N^{\circ} t = 30 \text{ taladros}$

Número de taladros (Nivel paralelo: 2.5m x2.5m)

- $N^{\circ} t = \left(\frac{P}{dt}\right) + (c x S)$

P: circunferencia o perímetro de la sección del túnel, en m, que se obtiene con la fórmula:

- $P = 4 * \sqrt{A}$

- $N^{\circ} t = \left(\frac{9.17}{0.6}\right) + (1.5 x 5.26)$

- $N^{\circ} t = 23.17 \text{ taladros}$

4.3.4 Construcción de labores del Pique Inclinado 719

4.3.4.1 Ciclo de trabajo del pique inclinado

El ciclo de trabajo para el avance de los frentes es de la siguiente manera:

Perforación y Voladura

Ventilación

Limpieza

Desate y sostenimiento

4.3.4.2 Sección del inclinado

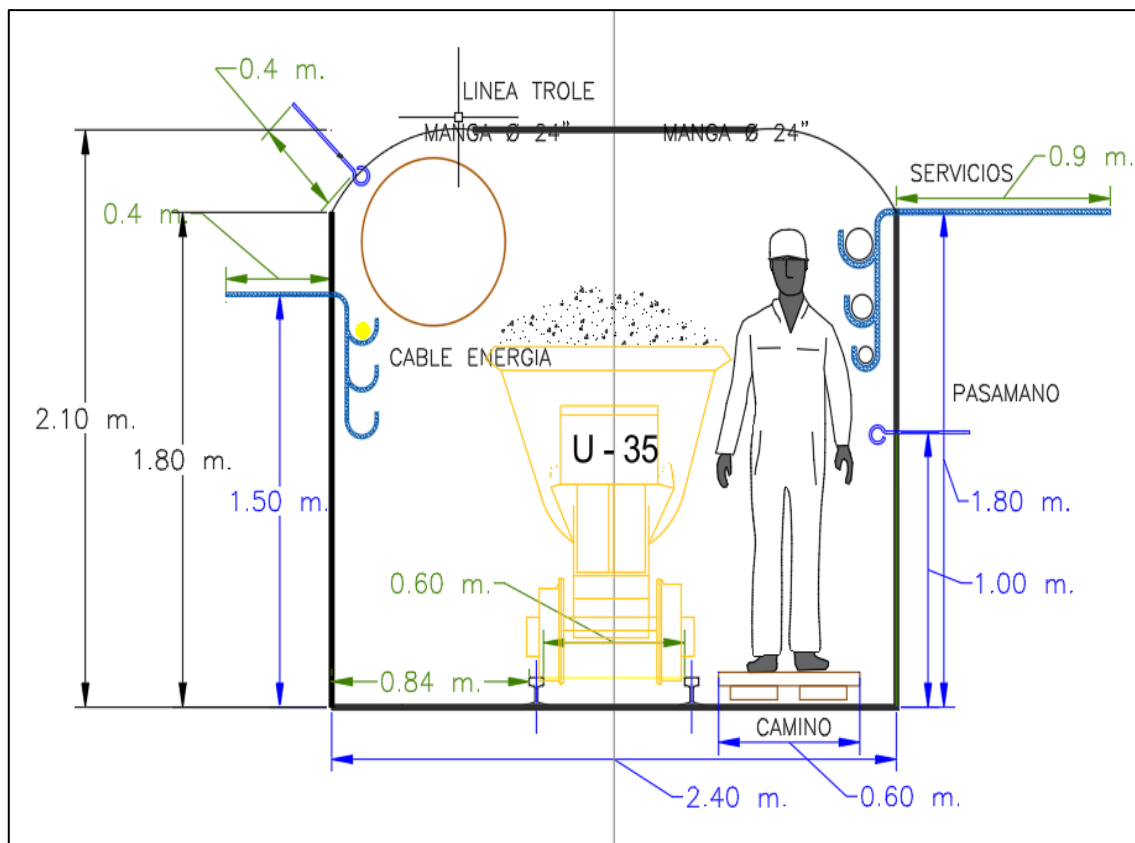
La sección del pique inclinado tiene dimensiones estándares de 2,4m x 2,1 m, proporcionando el espacio necesario para el tránsito normal de los vehículos mineros.

Ancho: 2.4 m.

Altura: 2.1 m.

Inclinación: -32°

Figura 28.
Sección del pique inclinado 719



Nota: Elaboración propia

Se tiene en cuenta las siguientes especificaciones:

Los huecos para la manga de ventilación c/3m x 0.30m profundidad con un anclaje \varnothing 3/8"

Los huecos para las tuberías servicios c/3m x 1.00m profundidad y anclaje \varnothing 3/4"

Los huecos para los cables eléctricos c/3m x 0.30m. profundidad y anclaje \varnothing 1/2"

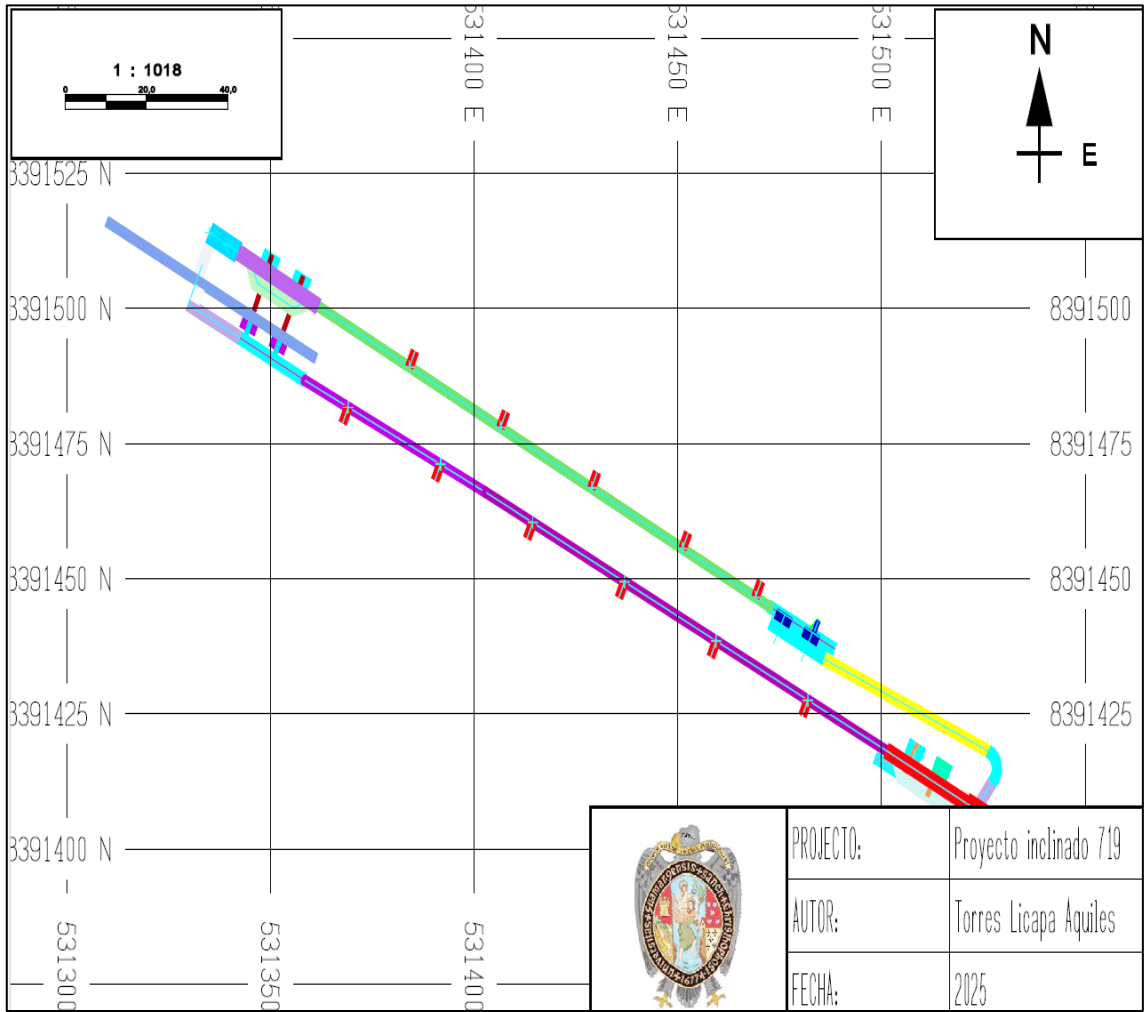
El control de la gradiente de la labor es a 1.00 m. del piso.

Gradiente máxima mecanizado 1% convencional 5/1000

4.3.4.3 Plano Topográfico

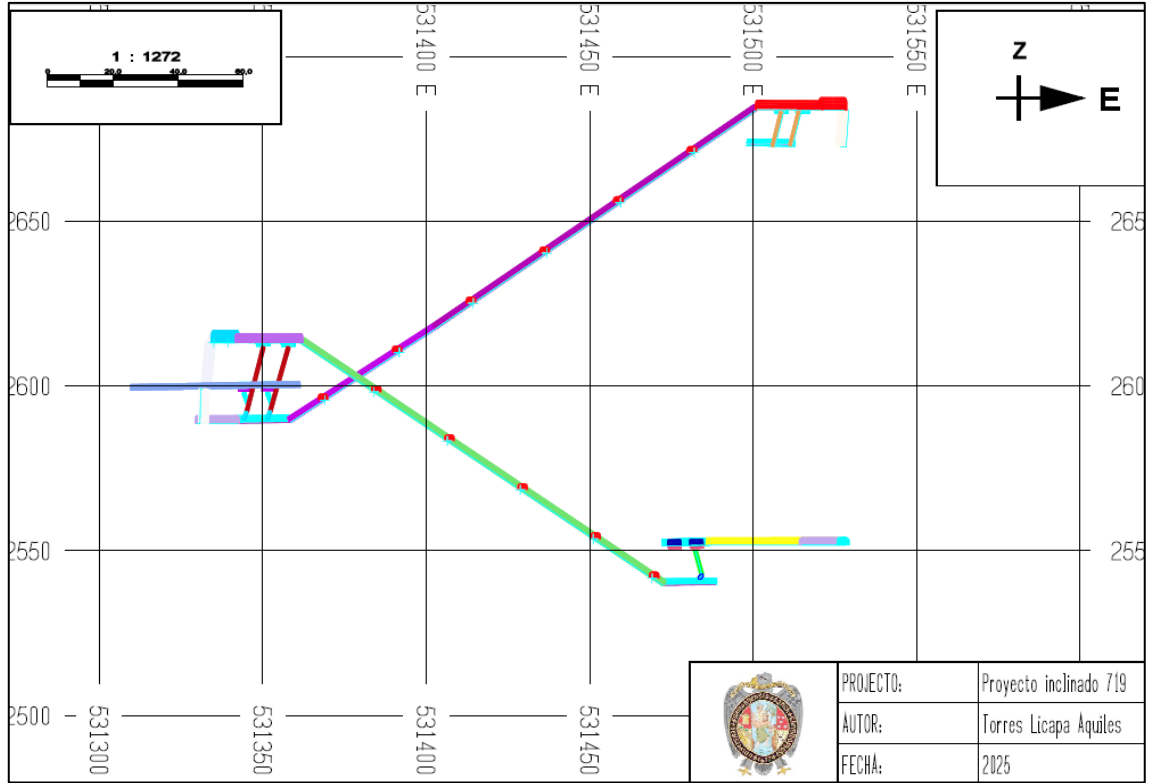
Plano topográfico en planta

Figura 29.
Plano topográfico de inclinado, vista en planta



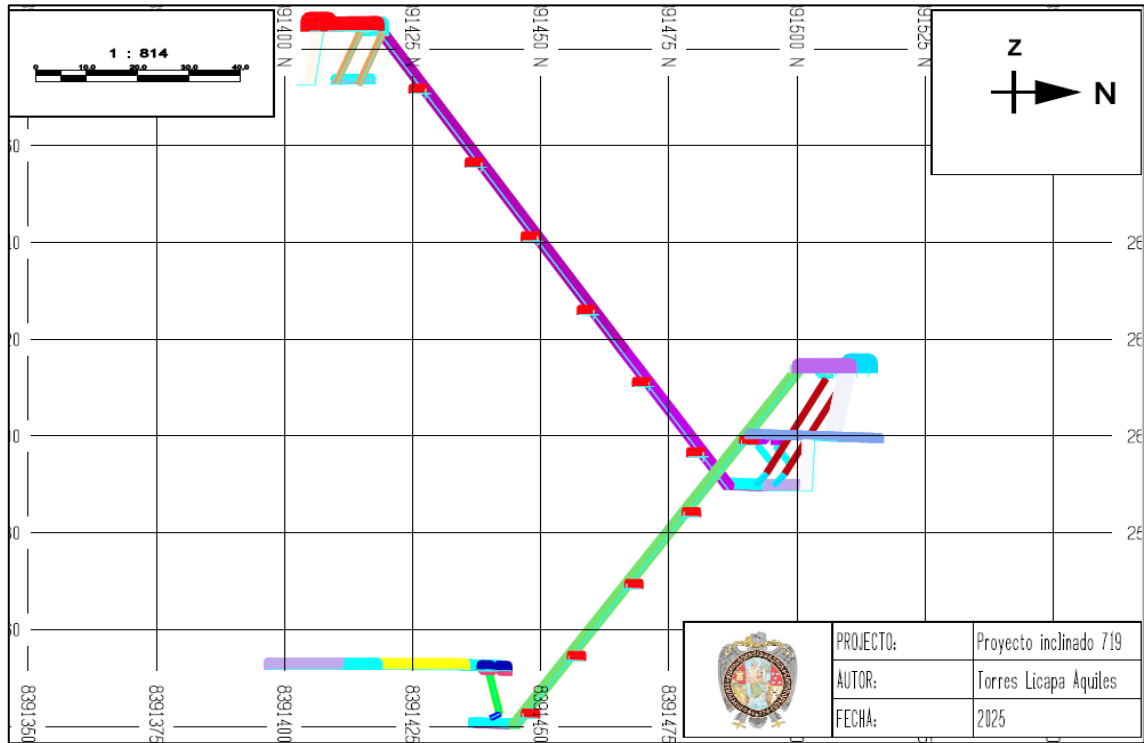
Plano Topográfico visto en perfil

Figura 30.
Plano topográfico de inclinado, vista en perfil



Plano Topográfico vista transversal

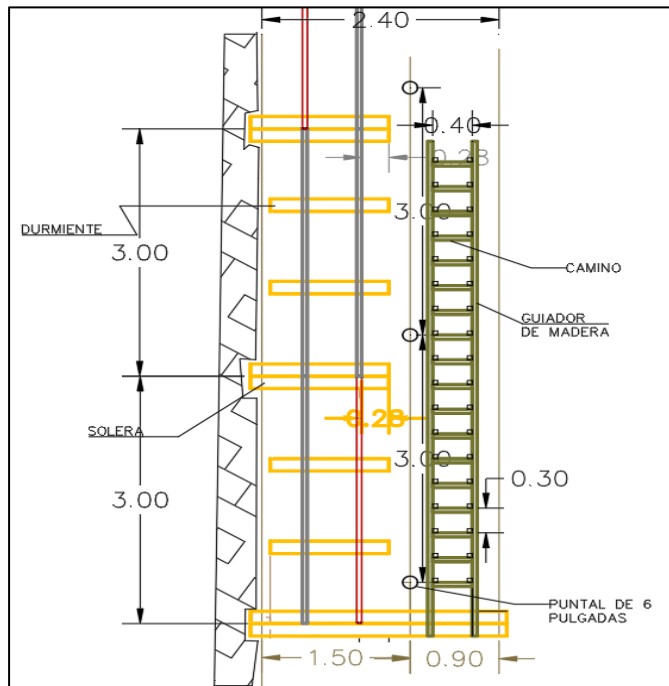
Figura 31.
Plano topográfico de inclinado, vista transversal



4.3.4.4 Estándar de gradines y rieles

La colocación de los rieles y gradines se llevará a cabo con una inclinación de 32° respecto a la horizontal, mientras que los durmientes se distribuirán con una separación de 1 metro.

Figura 32.
Estándar de gradines y rieles



Camino:

- La escalera contará con dos tablonces laterales separados por 40 cm, el escalón tendrá una medida de 30 cm, el contrapaso será de 18 cm y el escalón estará cubierto con material (arena).
- La unión entre las escaleras se asegurará con tablonces de 2" x 8" x 1'.
- Se colocarán pernos con argolla en el borde de la ruta a una altura de 1 m, separados entre sí por 3 m.
- Un cable de acero de 3/8" de grosor estará cubierto con una manguera de polietileno de 1" de diámetro.

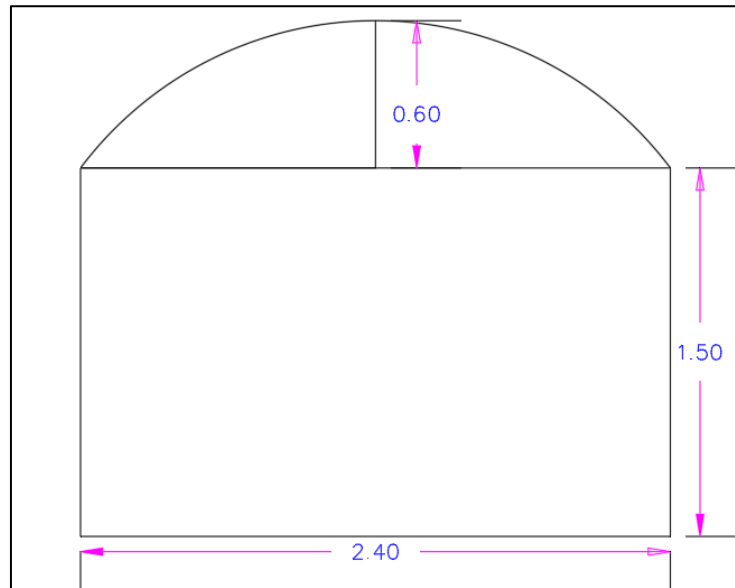
4.3.4.5 Estándar de perforación y voladura

Número de taladros

- $N^{\circ} t = \left(\frac{P}{dt}\right) + (c x s)$

P: circunferencia o perímetro de la sección del túnel, en m, que se obtiene con la fórmula:

Figura 33.
Sección de inclinado 2.4 x 2.1



- $A1 = \frac{\pi * 1.2^2}{4} * \frac{1}{2} = 0.68 \text{ m}^2$
- $A2 = 2.4 * 1.5 = 3.6 \text{ m}^2$
- $S = 0.68 + 3.6 = 4.25 \text{ m}^2$

Calculando el perímetro:

- $4 * \sqrt{4.25} = 8.25 \text{ m}$

Número de taladros:

Tabla 7.
Parámetros para cálculo de número de taladros

Dureza de roca	Distancia entre taladros (dt)	c
Blanda	0,7	1
Semidura	0,6	1,5
Dura	0,5	2

Nota: Extraído de manual práctico de voladura Exsa

- $N^{\circ} t = \left(\frac{P}{dt}\right) + (c \times S)$
- $N^{\circ} t = \left(\frac{8.98}{0.5}\right) + (2 \times 5.04)$
- $N^{\circ} t = 27 \text{ taladros} + 3 \text{ de alivio}$
- $N^{\circ} t = 30 \text{ taladros}$

Cálculo De Burden

$$B = Kb * \frac{\emptyset t}{12}$$

Donde:

B: burden

$\emptyset t$: diámetro de taladro en pulgadas.

Kb: constante de acuerdo al cuadro

Tabla 8.
Parámetros de roca para cálculo de Burden

Característica de roca	Densidad (g/cm3)	Clase de roca		
		Blanda	Media	Dura
Baja densidad y potencia	0.8 a 0.9	30	25	20
Densidad y potencia medias	1.0 a 1.2	35	30	25
Alta densidad y potencia	1.2 a 1.6	40	35	30

Nota: Extraído de manual práctico de voladura Exsa

La roca se categoriza en una clase media RMR 61-80 y una densidad de explosivo 1.15 gr/cm³ para Emulnor 5000. La cte. Kb tiene valor de 30. Diámetro de tal. 45 mm en rimado y 41mm en taladro para carga.

- **Diámetro de taladro D1 = 45 mm**
- **Burden = $\frac{30 \cdot 45 \text{ mm}}{12} = 112.5 \text{ mm} * \frac{100 \text{ cm}}{1000 \text{ mm}} = 11.25 \text{ cm}$**
- **Burden = 11 cm**

Cálculo de espaciamiento

Para hacer cálculos más ágiles de las explosiones en túneles utilizando taladros paralelos de cuatro partes, se puede utilizar la siguiente pauta práctica:

Una norma práctica para establecer la cantidad de partes es que la longitud del lado de la última parte B sea igual o superior a la raíz cuadrada del avance:

Tabla 9.
Parámetros para cálculo de espaciamiento

Sección del corte	Valor del burden	Lado de la sección
Primera	$B1 = 1,5 \times D2$	$B1 \times \sqrt{2}$
Segunda	$B2 = B1 \times \sqrt{2}$	$1,5 \times B2 \times \sqrt{2}$
Tercera	$B3 = 1,5 \times B2 \times \sqrt{2}$	$1,5 \times B3 \times \sqrt{2}$
Cuarta	$B4 = 1,5 \times B3 \times \sqrt{2}$	$1,5 \times B4 \times \sqrt{2}$

Nota: Regla práctica para burden y espaciamiento (EXSA)

Se empieza a partir del primer burden calculado previamente:

$$B1 = 11 \text{ cm}$$

Espaciamiento 1:

$$E1 = B1 * \sqrt{2}$$

$$E1 = 11 * \sqrt{2} = 16 \text{ cm.}$$

Burden y espaciamento 2:

$$B2 = B1 * \sqrt{2}$$

$$B2 = 11 * \sqrt{2} = 16cm$$

$$E2 = 1.5 * B2 * \sqrt{2}$$

$$E2 = 1.5 * 16 * \sqrt{2} = 0.34 cm.$$

Burden y espaciamento 3:

$$B3 = 1.5 * B2 * \sqrt{2}$$

$$B3 = 1.5 * 16cm * \sqrt{2} = 0.34cm$$

$$E3 = 1.5 * B3 * \sqrt{2}$$

$$E3 = 1.5 * 0.34 * \sqrt{2} = 0.72 cm.$$

Burden y espaciamento 4:

$$B4 = 1.5 * B3 * \sqrt{2}$$

$$B4 = 1.5 * B3 * \sqrt{2} = 0.72 cm.$$

$$E4 = 1.5 * B4 * \sqrt{2}$$

$$E4 = 1.5 * 0.72 cm * \sqrt{2} = 1.52 cm.$$

Tabla 10.
Resumen de burden y espaciamiento de taladros

	Valor de burden (B)	Lado de sección
Primera	0,11	0,16
Segunda	0,16	0,34
Tercera	0,34	0,72
Cuarta	0,72	1,52

Cálculo De Longitud De Taco

- ***Longitud de taco (T) = $\frac{1}{3} * Long.perforación$***

Se tiene una perforación de 1.3 m

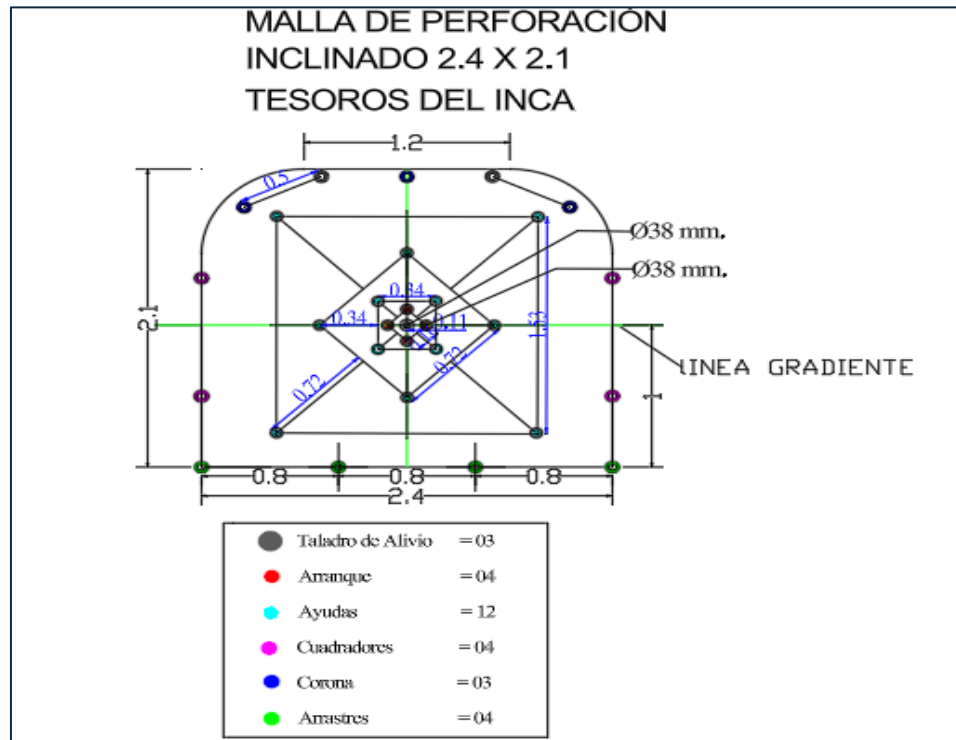
- ***T = 1.3 * $\frac{1}{3}$ = 0.43 m***

Diagrama de Perforación

Se presentan calidades de masa rocosa de Regular A (IIA) y Regular B (IIIB) Por lo tanto, se utilizará el corte quemado ya que es bueno en terrenos duros, en estos arranques todos los taladros se perforan paralelos y con el mismo diámetro. Algunos se cargan con gran cantidad de explosivos, mientras otros se dejan vacíos.

Se tomó en cuenta la siguiente malla de perforación:

Figura 34.
 Diagrama de perforación para pique inclinado (2.4 x 2.1)

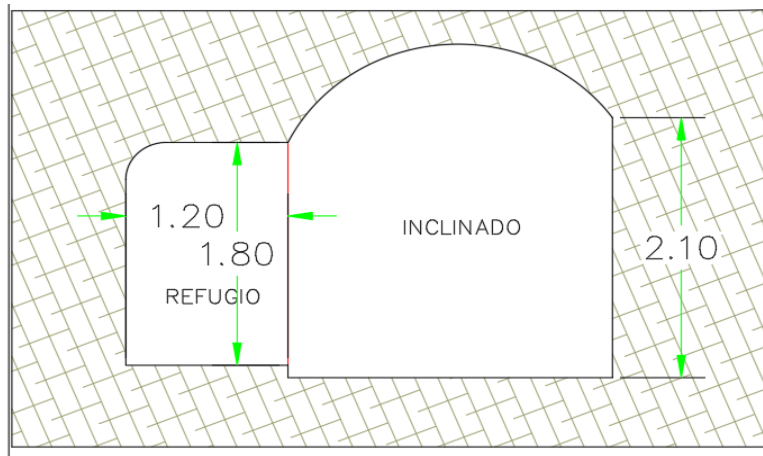


Nota: Diagrama de perforación para 30 taladros según cálculos

4.3.4.6 Refugios de seguridad

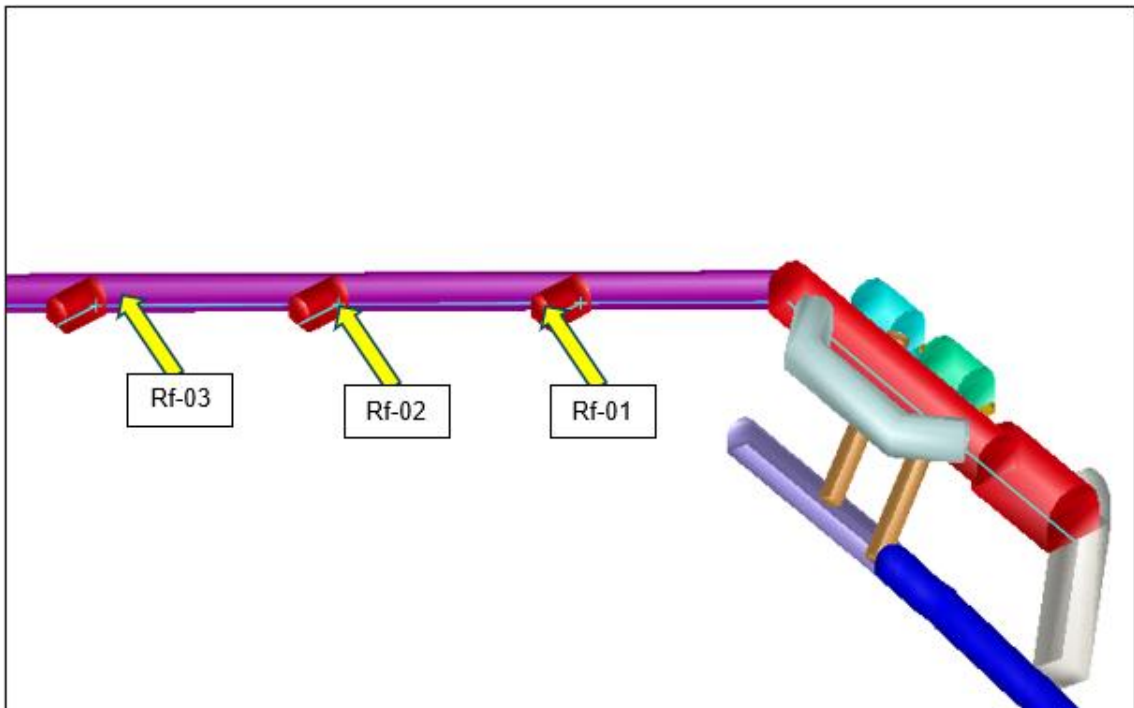
A medida que avance la profundización del pique inclinado 719, se implementarán refugios de seguridad distribuidos cada 25 metros. Estos estarán situados junto al camino y contarán con una sección de 1.50m x 1.80m y una longitud de 1.20 metros. En total, a lo largo del tramo del pique inclinado, se establecerán 11 refugios de seguridad.

Figura 35.
Refugio vista lateral



Nota: Dimensiones de refugio de seguridad. Elaboración propia

Figura 36.
Refugios de seguridad de pique inclinado 719



Nota: Refugio de seguridad cada 25 metros. Elaboración propia en Mineplan

Figura 37.
Refugios de seguridad, vista en planta

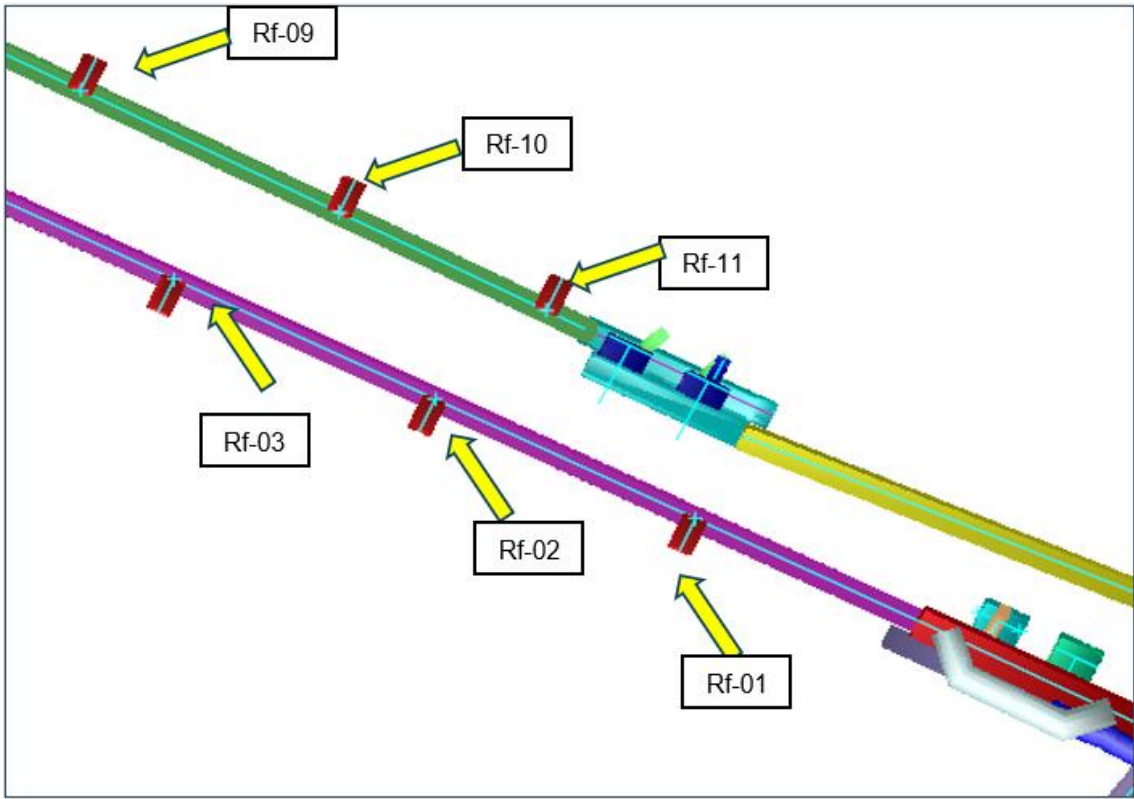
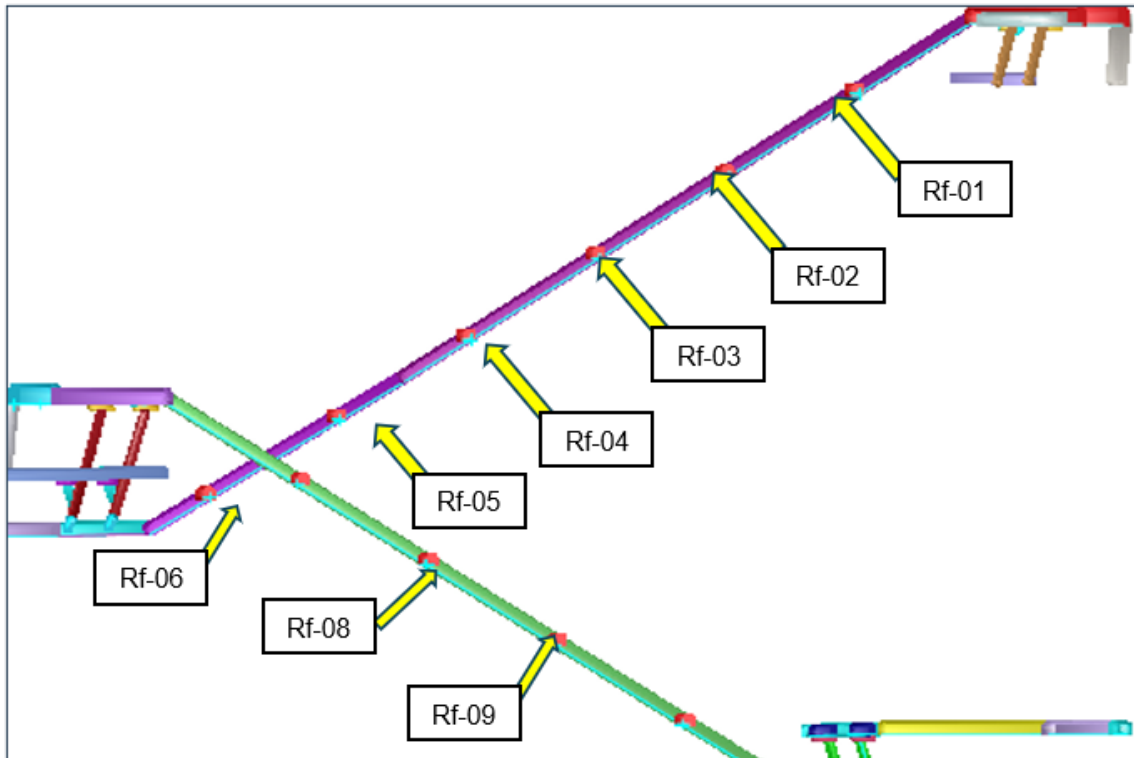


Figura 38.
Refugios de seguridad, vista en perfil



Nota: Refugio de seguridad cada 25 m. Elaboración propia en Mineplan.

4.3.4.7 Sostenimiento

Esta fase se llevará a cabo únicamente en zonas específicas que presenten inestabilidad, donde se procederá a la instalación de pernos de roca y estructuras completas para su refuerzo.

El tipo de sostenimiento será definido según las condiciones locales, pudiendo incluir malla electrosoldada, cuadros de madera o elementos combinados, con el objetivo de garantizar la seguridad operativa y prolongar la vida útil de las labores subterráneas.

Para ello se cuenta con la tabla GSI:

Figura 39.
Tabla GSI modificado Tesoros del Inca

TESOROS DEL INCA		SOSTENIMIENTO SEGUN GSI MODIFICADO		LABORES MINERAS DE DESARROLLO Y EXPLOTACION (2.50 a 4.50 m. de Luz)		
		RESISTENCIA Y/O CONDICION SUPERFICIAL		MUY BUENA (MUY RESISTENTE FRESCA) (M B)		
				Superficie de las discontinuidades muy rugosas e inalteradas, cerradas. (RC > 250 MPA) (se anula con golpes de picota)		
				BUENA (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) (B)		
				Discontinuidades rugosas, lev. alterada, manchas de oxidación, 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)		
				MALA (BLANDA, MUY ALTERADA) (M)		
				Superficie pulida o con estrías, muy alterada, relleno compacto o con fragmentos de roca. (RC 25 a 50 MPA) - (se indenta superficialmente)		
				MUY MALA (MUY BLANDA, EXTREMADAMENTE ALTERADA) (MM)		
				Superficie pulida y estríada, muy abierta con relleno de arcillas blandas. (RC < 25 MPA) (se desmenuza o indenta profundamente)		
ESTRUCTURA						
Abaco de relacion con RMR. LEVEMENTE FRACTURADA.						
Tres a menos sistemas de discontinuidades muy espaciadas entre si. (LF) (RQD 75 - 90) (RQD = 115 - 3.3 Jn.)		100 A	95 A	90 A	85 A	80 A
MODERADAMENTE FRACTURADA.						
Muy bien trabada, no disturbada, bloques cúbicos formados por tres sistemas de discontinuidades ortogonales. (F) (RQD 50 - 75) (6 a 12 Fract. por metro)		A	A	B	B	B
MUY FRACTURADA.						
Moderadamente trabada, parcialmente disturbada, bloques angulosos formados por cuatro o mas sistemas de discontinuidades. (MF) (RQD 25 - 50) (12 a 20 Fract. por metro)		A	B	C	D	D1
INTENSAMENTE FRACTURADA.						
Plegamiento y fallamiento, con muchas discontinuidades interceptadas formando (IF) bloques angulosos o irregulares. (mas de 20 Fract. por metro)		B	C	D	E	E
TRITURADA O BRECHADA.						
Ligeramente trabada, masa rocosa extremadamente rota con una mezcla de fragmentos facilmente disgregables, angulosos y redondeados. (sin RQD)		-	-	E	E	E

El área de geomecánica indica que se cuentan con los tipos de terreno A, B y C, por lo tanto, se utilizará perno ocasional según sea conveniente y perno sistemático con malla ocasional.

Figura 40.
Plano geomecánico de pique inclinado 719

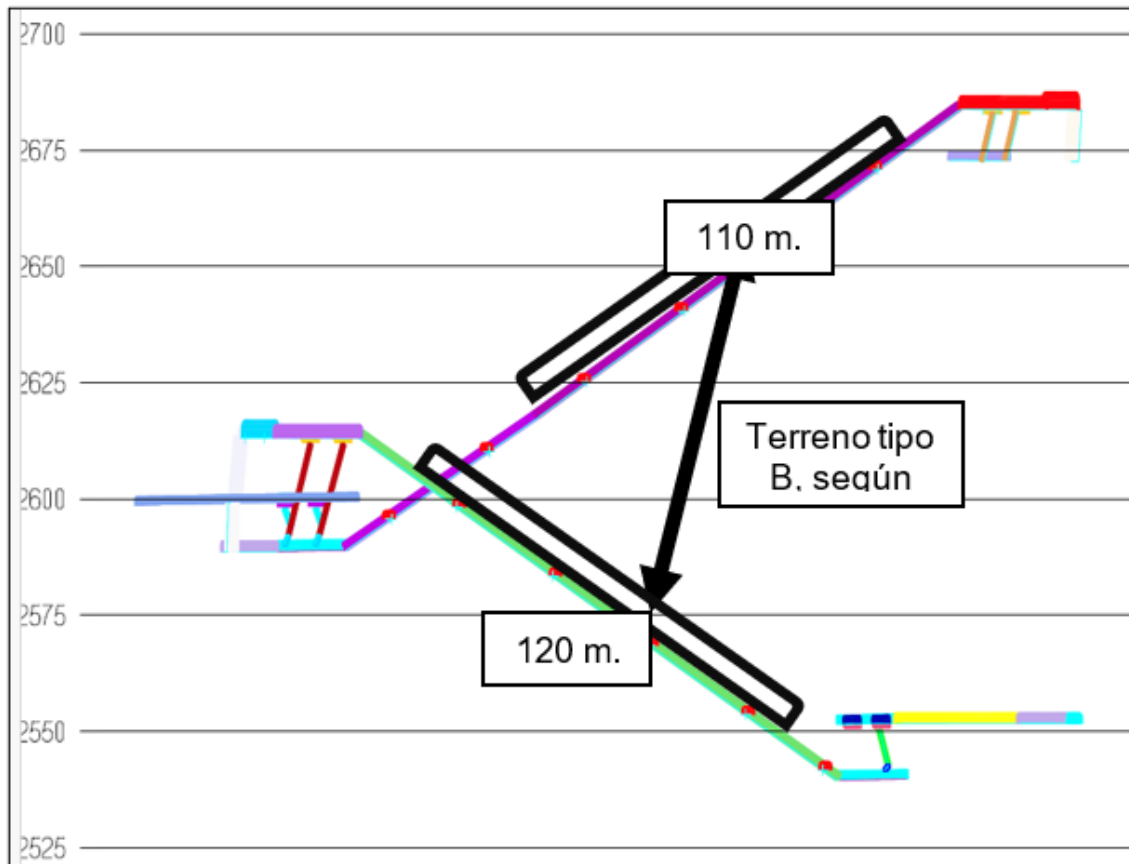
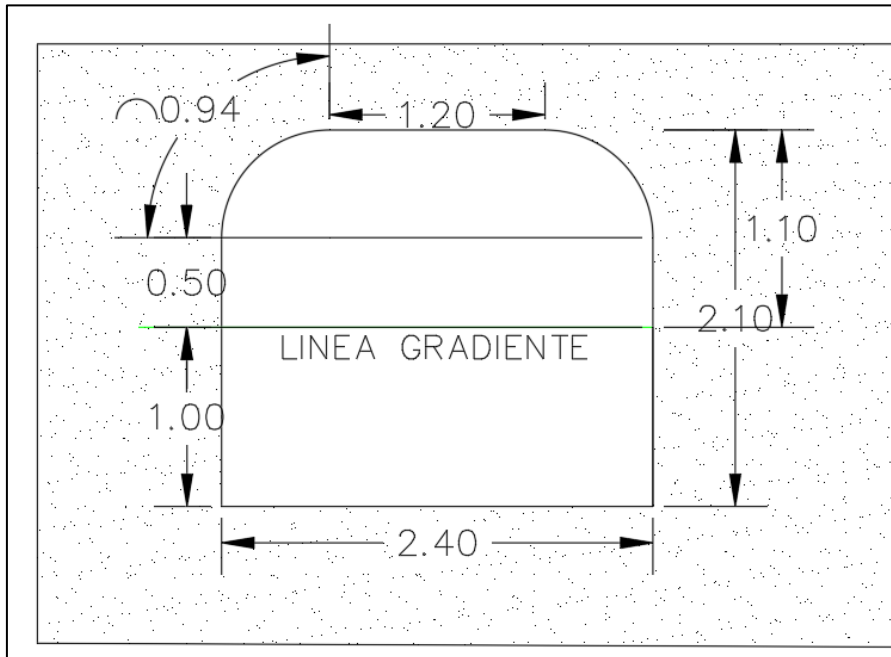


Figura 41.
Vista frontal de sección pique inclinado



Cálculo de densidad de perno

Considerando los siguientes parámetros para el sostenimiento usando malla más perno:

Ancho de la malla: 2m.

Traslape: 0.4 m.



2m.

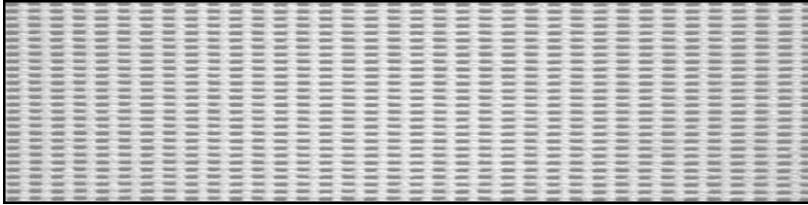
L

Donde:

$$L = 1.2m + 2 * (0.94 + 0.5)$$

$$L = 4.08 m$$

Tenemos:

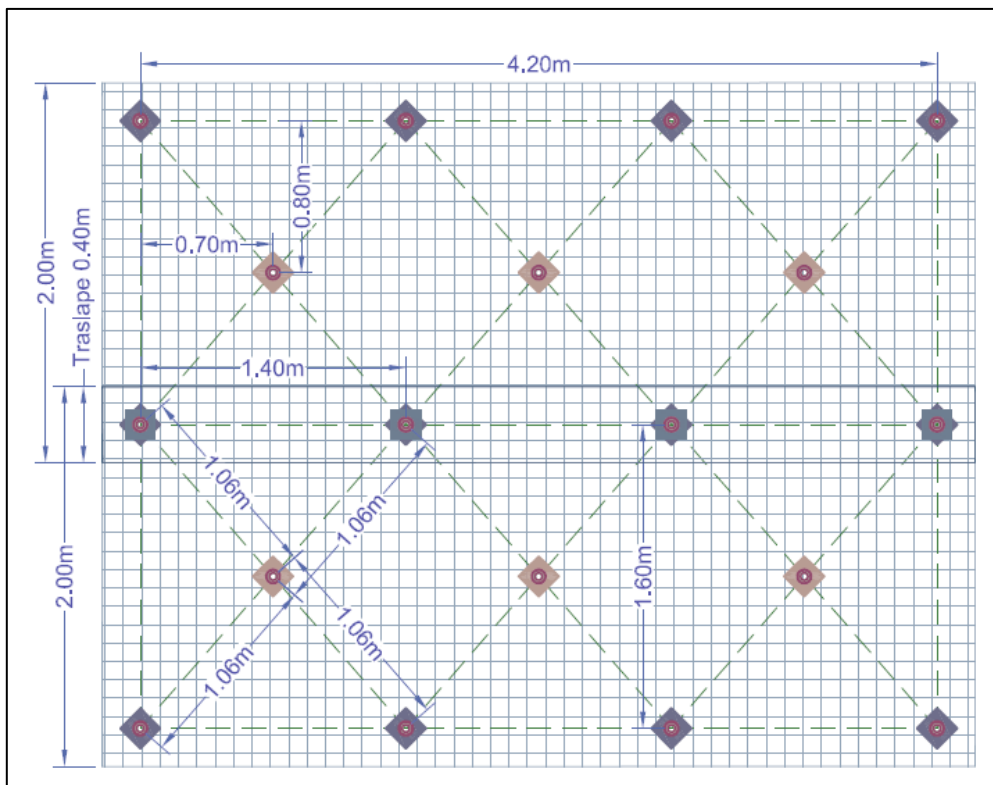


2m.

4.1 m

Adaptando al estándar:

Figura 42.
Estándar de sostenimiento con perno y malla



Se utilizan 18 pernos en una longitud de 3.40 m

Calculando densidad de perno:

- $N^{\circ} \text{ de pernos} = \frac{18}{3.4} * 1$
- $N^{\circ} \text{ de pernos} = 5.3 \text{ pernos/metro}$

Calculando total de pernos

- $Total \text{ pernos Inclinado} = 230m. * 5.3 \frac{\text{pernos}}{\text{metro}}$
- $Total \text{ pernos Inclinado} = 1219 \text{ pernos}$

4.3.5 Ciclo de trabajo en avance del pique inclinado

Tabla 11.
Horarios de trabajo

Actividad	Inicio	Fin
1ra. 1/2 guardia:	06:30	12:00
Descanso:	12:00	13:00
2da. 1/2 guardia	13:00	18:00

Nota: Total, de horas/turno: 5.5 + 5= 10.5 horas.

Tabla 12.
Ciclo de trabajo para pique inclinado

Actividad	Horas	Demoras	Horas totales
Reparto de Guardia y Charla de seguridad	00:20	00:10	00:30
Ingreso	00:20		00:20
IPERC	00:20		00:20
Desatado de rocas y regado de carga	00:30	00:10	00:40
Limpieza del disparo a pulso	03:00		03:00
Instalación de corredora de riel	00:20		00:20
Preparación del frente para la perforación	00:20	00:10	00:30
Perforación y Voladura (P/V)	03:40	00:20	04:00
Ventilación y carguío	00:30		00:30
Salida	00:20		00:20
Total			10:30

4.3.5.1 Perforación

La longitud de perforación del taladro es determinada en base a la sección establecida del pique (2,4 m x 2,1 m) y a las características del frente de perforación (tope), al avance requerido y programado:

Tabla 13.

Rendimiento de perforación y avance de pique inclinado

N°	Descripción	Medida	Unidad
1	Longitud de barra	5	pies
2	Longitud efectiva de perforación (97%) /barra de 5 pies	1.45	Metro
3	Eficiencia de voladura	90	%
4	Arranque efectivo	1.3	Metro

En la fase de perforación para el pique inclinado se emplearán barras con longitud de 5 pies (1.5 m.), con una longitud efectiva de perforación de 1.45 m y una eficiencia de voladura del 90 %, resultando así un arranque efectivo de 1.30 m.

Figura 43.

Actividad de perforación en pique inclinado



4.3.5.2 Voladura de pique inclinado 719

Tabla 14.

Avance de voladura de pique inclinado

Avance por disparo	1.30	Metro
Avance por día	2.60	Metro
Avance por mes	78.00	Metro
Volumen de desmonte por disparo (2.40 m. x 2.10 m. x 1.30 m.)	6.56	Mts. Cúb.
Volumen de desmonte por día (densidad 2.27)	13.12	Mts. Cúb.
Volumen de desmonte por mes	393.6	Mts. Cúb.
Densidad desmonte	2.27	tn/m ³
Tonelaje de desmonte por disparo	14.9	TM.
Tonelaje de desmonte por día	29.8	TM.
Tonelaje de desmonte por mes	894	TM.
Tonelaje de desmonte por metro de avance	11.44	TM.

4.3.5.3 Limpieza

El material resultante de la voladura será retirado manualmente y cargado en el carro minero U35 por cuatro operarios. Dos de ellos trabajarán inicialmente, mientras que los otros dos reemplazarán a los primeros cuando se fatiguen, asegurando así una labor continua y eficiente. Posteriormente, se elevará, repitiendo el proceso hasta completarlo. En cuanto al agua que pueda acumularse, esta será extraída utilizando una bomba neumática.

Figura 44.
Limpieza manual de pique inclinado 719



Es importante saber la cantidad de volumen roto por disparo para ello se tomará en cuenta los datos obtenidos previamente:

Tabla 15.
Rendimiento de avance de pique inclinado 719

N°	Descripción	Unidad	Cantidad
1	Sección de pique	m ²	5.04
2	Longitud efectiva de perforación	Metro	1.45
3	Eficiencia de voladura	%	86
4	Arranque efectivo	Metro	1.3

- ***Volumen de extracción = 5.04 * 1.3 = 6.56 m³***

Se considera el factor de esponjamiento de la siguiente tabla:

Tabla 16.
Parámetros para factor de esponjamiento

Tipo de suelo	Factor de esponjamiento
Roca dura	1.50 – 2.00
Roca mediana	1.40 – 1.8
Roca blanda	1.25 – 1.4

Por lo tanto, se considerará un factor de esponjamiento de 1.75.

- **$Vol. Esponjado = Vol. real * Factor esponjamiento$**

- **$Vol. Esponjado = 1.75 * 6.56 = 11.47 m^3$**

Considerando el peso específico de material arrancado de 2.27 Ton/ m³ y un factor de humedad del 5 %, entonces el peso por disparo será:

- **$Calculando el Peso arrancado por disparo = 11.47 m^3 * 2.27 \frac{Ton}{m^3} * 1.05$**

- **$Peso arrancado por disparo = 27.34 Tm$**

4.3.5.4 Ventilación

En trabajos de poca profundidad, se emplean pequeños ventiladores centrífugos en sistemas de extracción impulsados por motores de 2 HP. Estos dispositivos facilitan la evacuación del aire saturado desde el interior a través de conductos plásticos, permitiendo así extender la operación en las zonas de trabajo.

Figura 45.
Manga de ventilación.

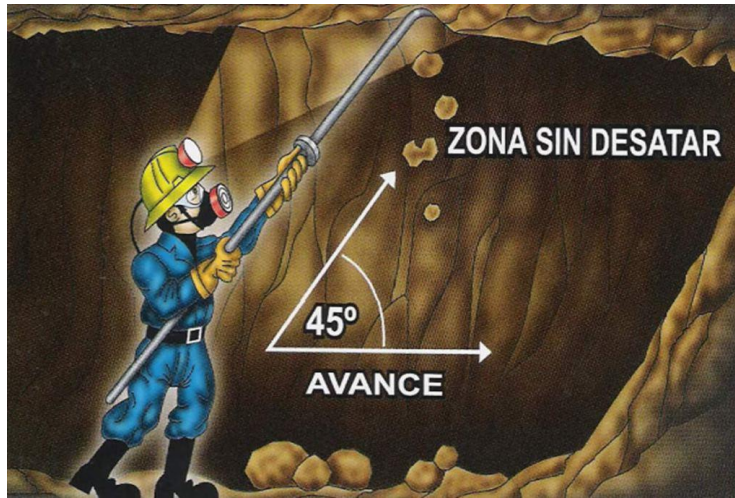


4.3.5.5 Desatado

El desatado es un procedimiento manual diseñado para retirar las rocas o bloques propensos a desprenderse del techo o de las paredes en la actividad minera, que podrían ocasionar un accidente al personal, a las instalaciones o a los equipos. El deslizamiento de rocas representa una acción fundamental en la prevención de caídas de rocas.

Se realiza utilizando barretillas de 4, 6, 8, 10 y 12 pies para tareas de preparación y desarrollo según la sección de la labor; se requiere tener dos juegos, así como dos juegos de barretillas de 4 y 6 pies para los tajos (tareas de explotación), haciendo el uso correcto de las mismas, adoptando una postura adecuada (un pie adelante y otro atrás, con la barretilla a la altura de la cintura y a un costado, intentando formar un ángulo de 45 grados con la horizontal.).

Figura 46.
Desatado de roca - desquinche



4.3.6 Mano de obra y equipos

4.3.6.1 Mano de Obra

Primer turno:

Maestro piquero perforista	01
Ayudante piquero perforista	01
Bombero	01
Capataz	01

Segundo turno:

Winchero	01
Ayudante Winchero	01
Lampero	02

4.3.6.2 Equipos

Tabla 17.
Equipos para pique inclinado 719

Equipo	Cantidad
Winche eléctrico 50HP	02
Perforadora Jack leg	02 - 04
Carro minero U35	08
Bomba neumática	01
Ventilador eléctrico	01

4.3.7 Condiciones de trabajo

El pique inclinado 719, que está por construirse, la funcionabilidad de esta labor es principalmente para la extracción de mineral en la guardia día y noche, en un promedio de 10:30 horas efectivas de cada turno de trabajo. El izaje se realizará con carros mineros U-35, el equipo actualmente viene siendo utilizado para el acarreo de mineral y desmonte en los diversos niveles de la mina, sin necesidad de adquirir skips.

La inclinación del pique propuesto en función a las características del yacimiento será de 32° y se instalará un riel de 30 lb/yd con una trocha de 50 cm sobre el piso. El carro minero cargado con mineral será elevado mediante un cable accionado por un winche.

4.3.8 Diseño del sistema de extracción de izaje

4.3.8.1 Cálculo de equipos y materiales

Capacidad De Carga

Para la obtención de toneladas de mineral y desmonte se emplearán 02 carros mineros U-35 con una capacidad nominal de carga de 35 pies³ (1 m³). En

el estudio de caso, se plantea elevar 2 carros U-35 al mismo tiempo en cada ciclo de extracción. Se determina la capacidad de carga final.

$$C = ((V_c * \gamma * f_c)) / (1 + e)$$

Donde:

C: Carga o Capacidad de carga (tn)

V_c : Volumen del carro U-35 (m³)

Γ : Densidad de la roca (t/m³)

f_c : Factor de carguío (%)

e: Esponjamiento (%)

Consideraciones técnicas

Para el cálculo se asume la humedad del material de 2.5% tanto para mineral y el desmonte, así mismo, se consideran las siguientes densidades:

- γ **mineral**: 3.0 (t/m³) $\rightarrow 3.0 + (3.0 * 0.03) = 3.090$ (t/m³)
- γ **desmonte**: 2.5 (t/m³) $\rightarrow 2.5 + (2.5 * 0.03) = 2.575$ (t/m³)

El factor de carguío (f_c) es de 90% es decir 0.9 para mineral y desmonte.

El factor de esponjamiento (e) será de 40.00% para el mineral y del 50.00% para el desmonte.

Se tiene:

Capacidad de carga mineral

- $C_{\text{mineral}} = (1\text{m}^3 * 3.090 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} * 0.9) / (1 + 0.4)$

- $C_{\text{mineral}} = 1.99 \text{ tn}$

Capacidad de carga desmonte

- $C_{\text{desmonte}} = (1\text{m}^3 * 2.575 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} * 0.9) / (1 + 0.5)$

- $C_{\text{desmonte}} = 1.55 \text{ tn}$

Peso Por Viaje

El peso en vacío de un carro minero U-35 es de 700 kg, lo que equivale a 0.7 toneladas.

- $Peso \text{ total} = N^{\circ} \text{carros} * C_{\text{mineral o desmonte}} + Peso_{\text{carro U-35}}$

Peso total del viaje con mineral:

- $Peso \text{ total}_{\text{mineral}} = 2 * (1.99\text{tn} + 0.7\text{tn})$

- $Peso \text{ total}_{\text{mineral}} = 5.37 \text{ tn}$

Peso total del viaje con desmonte:

- $Peso \text{ total}_{\text{desmonte}} = 2 * (1.55\text{tn} + 0.7\text{tn})$

- $Peso \text{ total}_{\text{desmonte}} = 4.49 \text{ tn}$

4.3.8.2 Importancia del diámetro y peso del cable de izaje

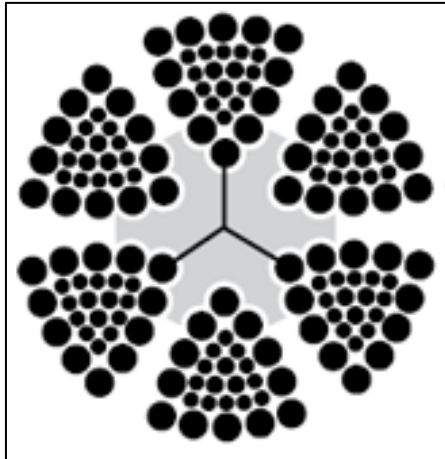
El acero es el cable más utilizado dentro de la industria minera.

Estructura

Los cables de alambre comúnmente utilizados para el transporte suelen ser de los tipos "round strand" o "flattened strand". Ambos presentan una estructura conformada por seis torones enrollados alrededor de un núcleo de fibra.

El cable de tipo “Flattened strand” presenta evidentemente una cantidad superior de alambres en la circunferencia externa, lo que le otorga una resistencia mucho mayor al desgaste superficial.

Figura 47.
Estructura de cable de alambre



La masa y resistencia de los cables de izaje están determinadas principalmente por la cantidad de acero presente en su sección transversal, siendo esta proporcional al cuadrado de su diámetro. Sin embargo, el diseño del cable también influye en ambas propiedades, por lo que se incorpora un factor de ajuste constante.

Cálculo y sección del cable

Los cables utilizados en los izajes de mineral en las minas suelen estar fabricados de acero. Su clasificación se basa en la cantidad de torones y de ilos por torón, por lo que la interpretación del cable de 6*7 quiere decir que se tiene 6 torones y 7 ilos.

Para la selección del diámetro del cable se deben considerar tanto la masa como la fuerza de este, por lo tanto, se usarán las siguientes formulas:

- $m = kd^2$

- $s = Kd^2$

Donde:

m = masa (kg)

s = fuerza (KN)

d = diámetro (cm)

k y K =son constantes que dependen del tipo de cable

Tabla 18.
Catálogo Arias Calla 2013

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

Reemplazando:

- $m = 0.41d^2$

- $s = 55d^2$

Factor de seguridad del cable

Se entiende al factor de seguridad como la proporción entre la resistencia de ruptura y la carga máxima. De acuerdo con el artículo 301, capítulo 8, del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (DS 024-2016EM) y su modificación (DS 023-2017EM), se determina que en las labores de izaje en minería utilizando cables, se debe emplear un factor de seguridad que no sea menor a 5

Tensión del cable

Para el cálculo de la tensión del cable es necesario encontrar la masa del cable la cual se expresa de la siguiente manera:

- $MR = (\text{longitud del cable (m)} * kd^2)/1000$

Longitud del cable (m): 380.00

Entonces:

- $MR = (380 * 0.41d^2)/1000$

- $MR = 0.156d^2$

se puede determinar la tensión del cable S por la siguiente expresión:

- $S = 5(MTg(G + A + R) + MRg(G + A + Q))$

Reemplazando:

- $S = 5(5.37 * 9.81(0.5 + 0.125 + 0.01) + 0.156 * d^2 * 9.81(0.5 + 0.125 + 0.1))$

- $d = 1.75 = 17.5 \text{ mm}$

El diámetro \varnothing del cable será 17.5 mm, sin embargo se debe de tomar en consideración el valor más cercano en función a los \varnothing de cables fde lattened que es de 18 mm, eligiendo en tal sentido el diámetro aproximado.

De la fórmula anterior se tiene:

- $MR = 0.156d^2$

- $MR = 0.156(1.8)^2$

- $MR = 475.024 \text{ kg}$

La masa total del cable será 475.024 kg = 475 kg

Cálculo de la masa por metro de cable

$$M_{\text{cable}} / \text{metros} = \frac{475\text{kg}}{380}$$

$$M_{\text{cable}} - \text{metros} = 1.25\text{kg}$$

Cálculo del esfuerzo de la rotura

$$s = 55\phi^2$$

$$s = 55.00 (1.80)^2$$

$$s = 178.20 \text{ N}$$

Para un cable de 18 mm de diámetro, se determina una masa de 1.25 kg por metro y un esfuerzo de rotura de 178.2 N, datos que se contrastan con la tabla presentada a continuación.

Tabla 19.
Catálogo Wire & Rope Strand

Diámetro nominal (mm)	Masa aproximado. 6 x 19 a 6 x 25 Kg/100m	Fuerza de ruptura mínima (N)
13.00	70.70	112.00
14.00	82.00	130.00
16.00	105.00	164.00
18.00	132.00	206.00
20.00	164.00	255.00
22.00	200.00	312.00
24.00	237.00	369.00
26.00	276.00	432.00

Nota: Catálogo Wire & Rope Strand de A. Noble & Son LTD.

Observamos que los valores más cercanos corresponden a 16 mm y 18 mm. Se opta por el de 18 mm, ya que, por razones de seguridad, se prefiere seleccionar un valor superior.

Descripción del cable seleccionado

Tabla 20.

Descripción y características de cable seleccionado

Tipo	Flattened – Triangular Strand (de torones perfilados – triangulares)
Distribución de Alambre	6 x 23 (Tipo Ballena - Galvanizado)
Dirección de corchado (Lay)	Langs Lay (corchado directo)
Diámetro	19 mm
Fuerza Mínima De Ruptura	205.94 Kn (/21tn)

4.3.8.3 Cálculo de tonelaje máximo por turno

Cantidades de toneladas por hora

Para lo cual se debe de tomar en consideración que cada guardia es de 12 horas tanto de día como de noche, sin embargo, el tiempo efectivo de izaje es 7.0 horas por guardia.

$$Q_h = \frac{c (A + a)}{d * t}$$

Donde:

A: tonelaje anual de mineral extraído = 100 000 tn

a: tonelaje anual de desmonte extraído = 100 000 tn

d: Número de días trabajados por año = 340

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

c: coeficiente de producción = 1.15 (U-35)

Reemplazando tenemos:

- $Qh = \frac{1.15(23952 + 30\ 000)}{340 \cdot 14}$
- $Qh = 48.3 \text{ ton/h}$

Cálculo de cantidad de toneladas por guardia

La jornada laboral por guardia se establece en 12 horas, de las cuales 7 horas corresponden al tiempo efectivo de extracción. Por lo tanto, se tiene:

$$MaxTon_{guardia} = 48.3 \frac{tn}{h} * 7 h = 338.1 Tn$$

Cálculo de cantidad de toneladas por día

La jornada diaria se conforma por dos turnos, lo que equivale a un total de 14 horas efectivas para la extracción.

$$MaxTon_{dia} = 338.1 Tn * 2 = 676.2 Tn$$

Cálculo de cantidad de ciclos por hora

$$N^{\circ} \frac{Ciclos}{hora} = 16.85 \frac{tn}{h} * \frac{1 \text{ ciclo}}{2 \text{ carros}} * \frac{1 \text{ carro}}{1.99 \text{ tn}} = 4.23 \frac{ciclos}{h}$$

$$N^{\circ} \frac{Ciclos}{hora} = 5 \frac{ciclos}{h}$$

Por lo tanto, el tiempo que se demorará cada viaje es de 12 minutos por ciclo.

Cálculo de velocidad de la cuerda

Recorrido del carro : 380m

Duración del ciclo : 12 min

Tiempo de carga y descarga : 4 min

Tiempo de viaje : 8 min

La velocidad de cuerda es la longitud total entre el tiempo empleado en realizar un ciclo.

Se tiene:

$$\textit{Velocidad de la cuerda} = \frac{\textit{Longitud total}}{\textit{Tiempo de viaje}} \textit{m/min}$$

$$\textit{Velocidad de la cuerda} = \frac{380}{8} \textit{m/min}$$

$$\textit{Velocidad de la cuerda} = 47.5 \textit{m/min}$$

$$\textit{Velocidad de la cuerda} = 0.79 \textit{m/seg}$$

4.3.8.4 Cálculos de las dimensiones del tambor del Winche

Cálculo del diámetro de la tambora (D)

Según lo establecido en el D.S. 024-2016-EM y su modificatoria D.S. 023-2017-EM, específicamente en el Capítulo VII, artículo 300, cuando se emplea un cable con diámetro inferior a 25.4 mm, la relación entre el \varnothing del tambor y el del cable de acero esta entre 1 a 48. En el presente proyecto, se utilizará un cable de 19 mm, por lo que se ha previsto un tambor que cumple con dicha proporción normativa. Además, se debe considerar que el tambor no debe alojar más de tres capas de cable como límite máximo permitido.

Se tiene la siguiente proporción:

$$\frac{\textit{Diámetro del cable}}{\textit{Diámetro del tambor}} = \frac{1}{48}$$

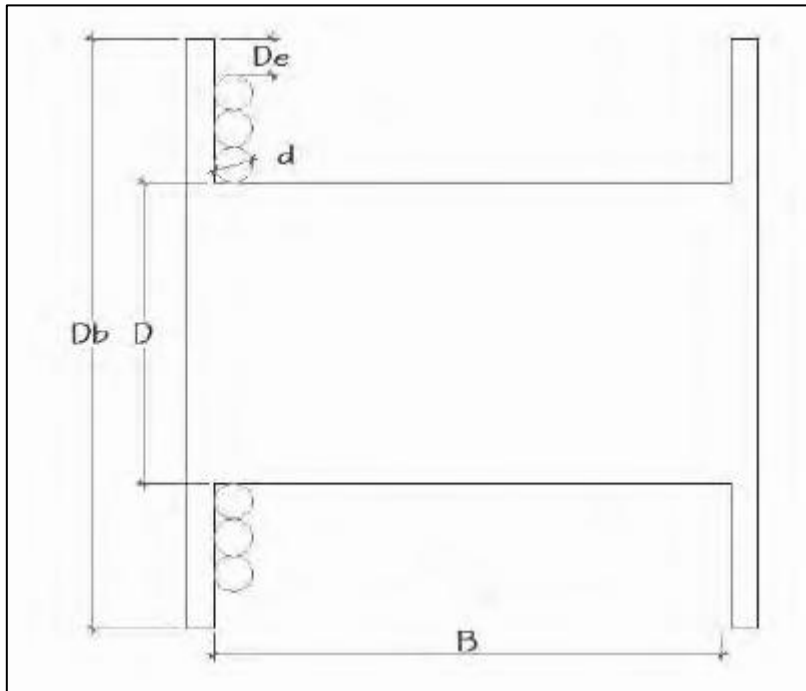
$$\frac{19 \textit{ mm}}{\textit{Diámetro del tambor}} = \frac{1}{48}$$

$$\textit{Diámetro de la tambora} = 912 \textit{ mm} = 0.912 \textit{ m.} = 35.9 \textit{ pulg.}$$

Cálculo del ancho del tambor (B)

Se utilizó la siguiente figura para el cálculo del ancho del tambor.

Figura 48.
Diagrama de una tambora



Nota: Extraído de (Pinto, 2024)

4.3.8.5 Longitud de cable en una vuelta, capa media.

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

Número de capas

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

Número de vueltas

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

Longitud que se almacenará

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

$$Lt = \frac{B}{1.27d^2} * (Db^2 - D^2)$$

Se convierte B a metros, donde:

Lt: Longitud de cable a usar (m).

B: Ancho de la tambora (mm).

d: Diámetro del cable a usar (mm).

Db: Diámetro de brida (mm).

D: Diámetro de tambora (mm).

Despejando el ancho de la tambora (B) se tiene:

$$B = \frac{1.27 * d^2 * Lt}{(Db^2 - D^2)}$$

Se sabe que la cantidad de capas a enrollar es de 3, con esta información se halla el diámetro de la brida (Db), entonces se tuvo lo siguiente:

- **$Db = D + 2 * 3 * d$**
- **$Db = 0.912m + 2 * 3 * 0.019m$**
- **$Db = 1.026 m$**

Para la longitud del cable se tiene los siguientes datos:

Profundidad del pique inclinado 719 : 330 m

Distancia adicional al centro del tambor : 50 m

Total (LT) : 380 m

Ahora se procede a calcular el ancho de la tambora (B)

$$B = \frac{1.27 * (19mm)^2 * 380m}{(1026^2 - 912^2)mm^2}$$

- **$B = 0.79 m$**

Ordenando los datos, se tiene el siguiente resumen de las características que tendrá la tambora.

Tabla 21.

Cuadro de características de la tambora

Característica de la tambora	Medida (m)
Diámetro de la tambora (D)	0.912
Diámetro de la brida (Db)	1.026
Ancho de la tambora (B)	0.79

4.3.8.6 Capacidad del motor del winche

El diagrama de izaje mediante winches con tambor cilíndrico permite visualizar las potencias requeridas para ejecutar el levantamiento de manera eficiente. Para ello, el ciclo completo de operación se segmenta en cuatro subintervalos, considerados como los momentos más exigentes del proceso, ya que concentran el mayor esfuerzo mecánico dentro del sistema de izaje.

I. Tiempo de aceleración (ta)

II. Tiempo de velocidad máxima (ts)

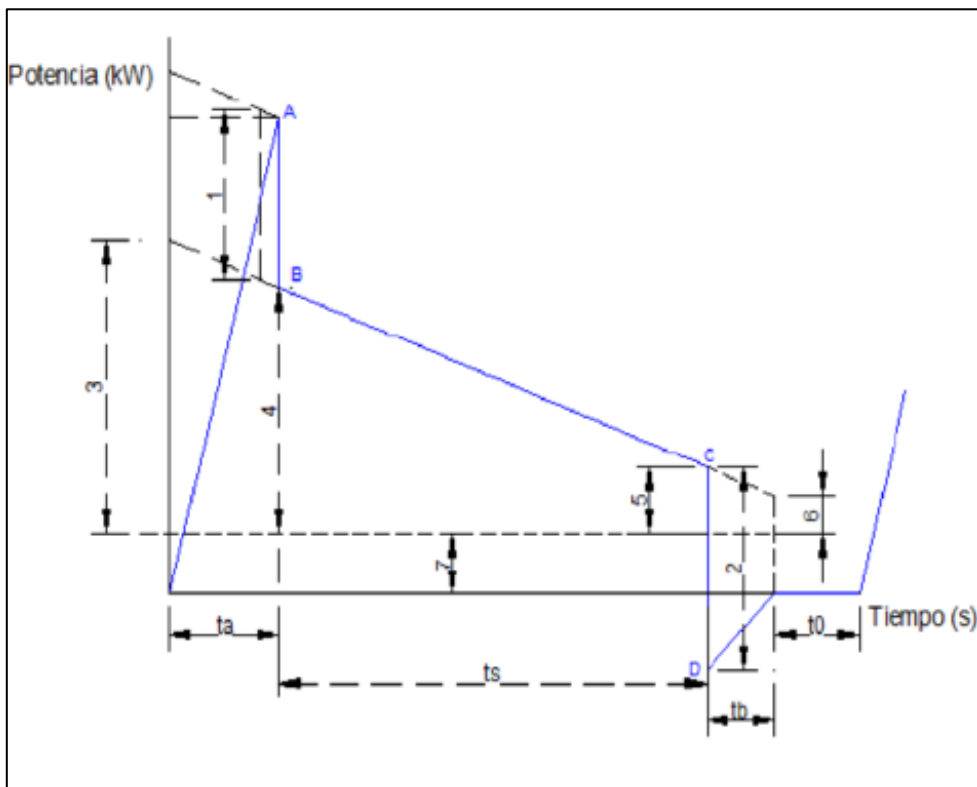
III. Tiempo de desaleración (tb)

IV. Tiempo de descanso (t0)

Los intervalos de tiempo se distribuyen en cuatro puntos clave dentro del diagrama, los cuales representan los niveles de potencia necesarios para ejecutar el izaje. Estos estaciones o puntos se identifican mediante las letras A, B, C y D. Es indispensable calcular la potencia en kilovatios (kW) correspondiente a cada uno de ellos, con el fin de establecer la potencia total del sistema, es decir, la energía que debe suministrar el winche para llevar a cabo el proceso de izaje de manera eficiente.

A continuación, se presenta la Figura N°49, la cual ilustra el diagrama de potencia correspondiente a un sistema de extracción no balanceado, señalando los puntos A, B, C y D. Esta representación ha sido tomada de la obra Transporte y extracción en minas y a cielo abierto de Novitzky (1965).

Figura 49.
Diagrama del sistema de potencias para un sistema de extracción



Cálculos para el winche a utilizar

Masa del material a utilizar (W)

$$= 1.99tn * 2 * \frac{1000 kg}{1 tn}$$

$$W = 3980 Kg$$

Masa de los vagones (carros U-35) (Ws)

$$Ws = 700 kg * 2$$

$$Ws = 1400 kg$$

Masa del cable (MR)

De los cálculos anteriores tenemos:

$$MR = 475 kg$$

Masa del cable enrollado durante la aceleración (Wa)

$$W_a = 0.5 \text{ velocidad de cuerda} * \text{aceleracion} \\ * \text{masa del cable/m}$$

$$W_a = 0.5 * 11 * 0.528 * 1.25 kg/m$$

$$W_a = 3.63$$

Masa del cable enrollado durante la desaceleración (Wb)

$$W_a = 0.5 \text{ velocidad de cuerda} * \text{desaceleracion} \\ * \text{masa del cable/m}$$

$$W_a = 0.5 * 11 * 0.528 * 1.22 kg/m$$

$$W_a = 3.63$$

Peso total del cable

$W_{ro} = \text{Masa del cable enrollado} + \text{masa tambor y vagón}$

$$W_{ro} = 475 + 380 * \frac{1.22Kg}{m}$$

$$W_{ro} = 938.6 Kg$$

Masa equivalente de las partes en movimiento

$$W_o = (132 + 75 * (\text{ancho tambora})) * (\text{diámetro tambora})^2$$

$$W_o = (132 + 75 * (0.79)) * (1.026)^2$$

$$W_o = 192.3 Kg$$

Masa total del sistema

$$W' = W + WS + WRO + W_o$$

$$W' = 3980 + 1400 + 938.6 + 192.3$$

$$W' = 6510.9 Kg$$

Cálculo de las potencias

- **Potencia en A** = (1) + (7) + $\frac{(4)+2*(3)}{3}$
- **Potencia en B** = (4) + (7)
- **Potencia en C** = (5) + (7)
- **Potencia en D** = (2) + (7) + $\frac{(5)+2*(6)}{3}$

Potencia de aceleración máxima (1)

$$(1) = \frac{W' * V^2}{32.2 * 102 * Ta}$$

$$(1) = \frac{6510.9 * 0.79^2}{32.2 * 102 * 14.65}$$

$$(1) = 0.078$$

Potencia de desaceleración máxima (2)

$$(2) = -0.078$$

Potencia en el comienzo de aceleración equivalente (3)

$$(3) = \frac{(W * Wr + Ws) * v * \text{sen}\theta}{102}$$

$$(3) = \frac{(3980 * 475 + 1400) * 0.79 * \text{sen}32}{102}$$

$$(3) = 24.03$$

Potencia en la velocidad máxima en el final de la aceleración (4)

$$(4) = \frac{(w + wr + ws - wb) * v * \text{sen}\theta}{102}$$

$$(4) = \frac{(3980 + 475 + 1400 - 3.63) * 0.75 * \text{sen}32}{102}$$

$$(4) = 22.8$$

Potencia en la velocidad máxima en el final de la desaceleración (5)

$$(5) = \frac{(w + ws + wb) * v * \text{sen}\theta}{102}$$

$$(5) = \frac{(3980 + 1400 + 3.63) * 0.75 * \text{sen}32}{102}$$

$$(5) = 22.82$$

Potencia al final de la desaceleración (potencia equivalencia) (6)

$$(6) = \frac{(w + ws) * v * \text{sen}\theta}{102}$$

$$(6) = \frac{(3980 + 1400) * 0.75 * \text{sen}32}{102}$$

$$(6) = 21$$

Potencia por fricción para piques inclinados (7)

$$(7) = 7a + 7b + 7c$$

7 a	7.29
7 b	1.47
7 c	0.65

$$(7) = 7.29 + 1.47 + 0.65$$

$$(7) = 9.41$$

Cálculo de las potencias

- **Potencia en A** = (1) + (7) + $\frac{(4)+2*(3)}{3}$ = **33.1**
- **Potencia en B** = (4) + (7) = **32.2**
- **Potencia en C** = (5) + (7) = **32.2**
- **Potencia en D** = (2) + (7) + $\frac{(5)+2*(6)}{3}$ = **30.9**

Capacidad del motor

$$RMS (Kw) = \frac{A^2 + Ta + \frac{B^2 + C^2 + BC}{3} * Ts + D^2 + Tb}{\frac{Ta}{2} + Ts + \frac{Tb}{2} + \frac{To}{4}}$$

$$RMS(Kw) = 36.5 Kw = 49 HP$$

Peso total a izar	6510.9 kg = 6.5 ton
Capacidad de enrollamiento (velocidad De cuerda)	0.79m / seg.

Potencia necesaria	36.5 Kw = 49HP
∅ mínimo de tambor	1.026 m.
Sistema de motor	Trifásico

Tiempo de aceleración y desaceleración (Ta)

$$Tiempo = \sqrt{\frac{Distancia\ del\ sistema}{0.5 * Aceleración\ del\ sistema}}$$

$$Tiempo = \sqrt{\frac{380}{0.5 * 3.54\ m/s^2}}$$

$$Tiempo = \sqrt{\frac{380}{0.5 * 3.54\ m/s^2}}$$

$$Tiempo = 14.65\ seg$$

Tiempo de velocidad máxima (Ts)

$$T.\ de\ veloc.\ máx.\ (Ts) = \frac{longitud\ recorrido}{velocidad} - t.\ aceler.\ y\ desaceler.$$

$$Tiempo\ de\ velocidad\ máxima\ (Ts) = \frac{380}{0.79}\ s - (14.65 + 14.65)$$

$$Tiempo\ de\ velocidad\ máxima\ (Ts) = 450\ seg.$$

4.3.9 Establecimiento de línea de cauville en el pique Inclinado de 32°

El trabajo en piques inclinados presenta un mayor grado de dificultad debido a factores como el ángulo de inclinación, el patillado de caja para puntales largos en las uniones de las colleras, y el ingreso de rieles y accesorios con

winche, entre otros. Por esta razón, se estima que la duración de la tarea será de media guardia.

En cuanto a la instalación de la línea de cauville en labores horizontales, se considera que esta tarea tomará un cuarto de guardia para la instalación en galerías.

4.3.10 Metodología de trabajo para el sistema de extracción: izaje y transporte

El método de elevación y traslado se realizará de la siguiente manera:

Se elevarán de manera simultánea dos vagones mineros tipo U35, mediante un winche de un solo tambor y un cable de acero. Los vagones estarán conectados con estrobos y se desplazarán por un sistema de rieles en el nivel superior, inferior y a lo largo del pozo.

4.3.10.1 Descenso de carros U-35 vacíos

Se engancharán dos carros mineros con un estrobo o plancha, y se coloca dispositivos de seguridad del mismo material que el cable del winche de izaje. Posteriormente, se posicionarán manualmente frente al winche y se enganchará el carro más cercano al cable del winche con un pin.

Una vez asegurado el enganche, se retirará el taco de seguridad, ubicado justo antes del inicio del pique, y se tocará el timbre dos veces como señal de que los carros van a descender. El equipo de abajo responderá también con dos toques, indicando que están listos para recibir los carros vacíos.

El operario de winche en manejando los códigos de comunicación descende los carros descendan por el pique. Durante el descenso, el

personal de extracción en la parte del nivel inferior bloquea el acceso de personal al pique.

4.3.10.2 Recepción de carros vacíos

Al alcanzar la planta baja, los carros desocupados se desprenden del gancho que los conecta al cable del elevador y se mueven hacia la zona destinada para su almacenamiento. Después de situarse en esta área, se inicia el levantamiento de los carros cargados, que han sido previamente acoplados con los dispositivos y ganchos adecuados.

4.3.10.3 Izaje de carros u-35 llenos

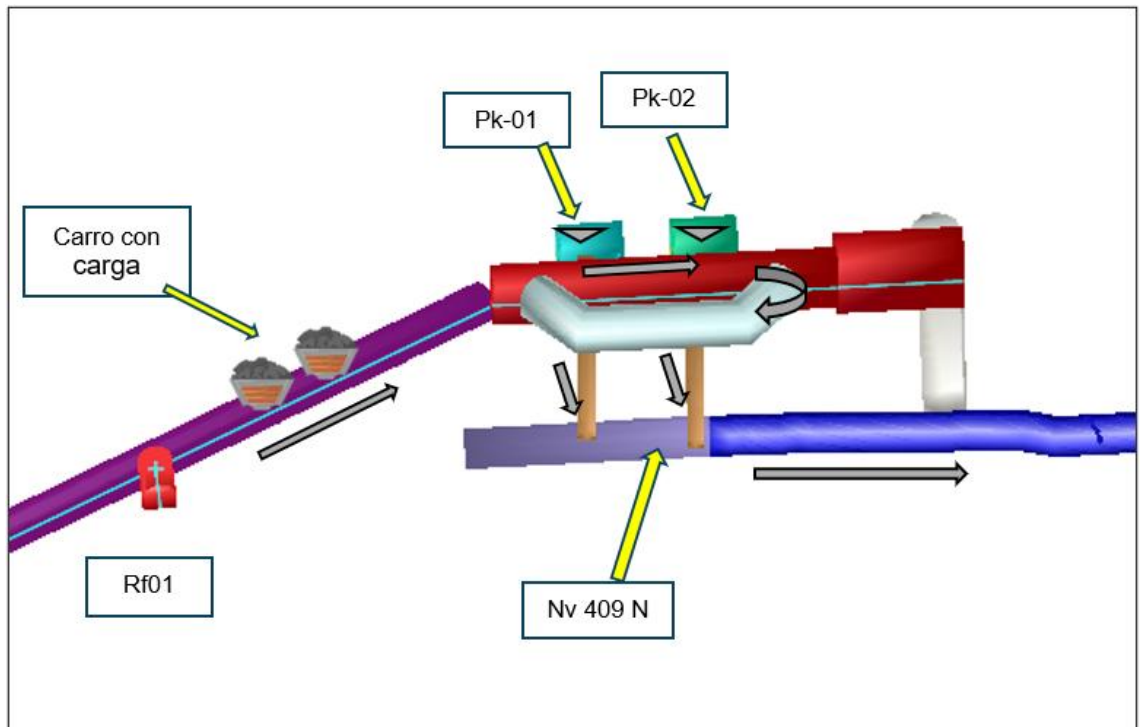
Se conecta el primer carro minero mediante dispositivos de seguridad al cable del winche utilizando un pin y planchetas. Después, se pulsa el timbre tres veces y el equipo de extracción en el nivel superior tiene que contestar con la misma cantidad de toques para confirmar que están preparados. Hecho esto, el operador del winche comienza a elevar los dos carros cargados.

4.3.10.4 Recepción de carros con material

Para este proceso, se realiza en un tramo horizontal destinado a estabilizar los carros al llegar al nivel superior tendrá una longitud de 15 metros para garantizar la seguridad en la llegada de los dos carros. Luego, se colocará el dispositivos de seguridad y se manipula los carros llenos en los echaderos, donde serán descargados. Luego serán empujados hasta la doble vía para ser preparados para retornar. Luego se engancha y se seguirá el mismo procedimiento descrito en la recepción de carros vacíos.

El sistema del circuito en el nivel de vaciado será optimizado para facilitar el empuje de los carros mineros por parte del personal, como se detallará más adelante en el diseño de los circuitos.

Figura 50.
Diagrama de ciclo de izaje



4.4 Costos de inversión

4.4.1 Costo de ejecución del pique inclinado 719

Datos:

Ancho de labor: 2.4 m

Altura de labor: 2.1 m

Sección de labor: 5.04 m².

Sobre rotura: 15%

Número de Disparos por día: 2 Disparos

Densidad del material: 2.5 Tn/m3.

Eficiencia de avance:

Longitud de barra de extensión: 5 pies

Eficiencia de perforación: 96%

Longitud de perforación: 1.45 m

Eficiencia de avance: 90 %

Longitud efectiva de perforación: 1.30 m

4.4.1.1 Precios unitarios de mano de obra

Tabla 22.

Precios de mano de obra Obreros

Obreros	Horas	Tareas	Jornal	Costo S/. X Disp.	Costo S/. /m
Perforista Palero	8	1,00	80,00	78	
Ayudante Perforista	8	1,00	75,00	73	
Winchero	8	1,00	75,00	73	
Ayudante Winchero	8	1,00	70,00	68	
Limpieza servicio	16	2,00	70,00	138	
Compresora- Ayud. Mec.	8	0,10	60,00	4	
Sub- total	56	6,10		434	
Leyes Sociales	101,81%			441,86	
Total, Obreros				875,86	673,73
Costos fijos y GG					28,35

Tabla 23.
Precios de mano de obra Supervisión

Supervisión	Tareas	Incidencia	Jornal S/.	Costo S/. X Disp.	Costo S/. x m
Residente	1	10,00%	235,22	23,52	
Ing. Guardia	1	10,00%	183,33	18,33	
Asist. Jefe de guardia	1	10,00%	116,67	11,67	
Ing. De Seguridad	1	5,00%	200	10,00	
Inspector de seguridad	1	5,00%	100	5,00	
Mecánico/ lampero	1	5,00%	84	4,20	
Capataz	1	10,00%	94	9,40	
Administrador	1	5,00%	100	5,00	
Asist. Administrador	1	5,00%	73,33	3,67	
Asistente Social	1	5,00%	83	4,15	
Sub total	10			94,94	
Leyes sociales	65,29%			61,99	
Total, Supervisión				156,92	120,71
Costos Fijos y GG					28,35

4.4.1.2 Precios unitarios de implementos de seguridad

Tabla 24.
Precios unitarios de implementos de seguridad

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio S/.	V. útil	Costo S/.	Costo S/.
					X Disp.	x m
Protector	Pza.	6,00	49,50	320	0,93	
Guantes de cuero	Par	6,00	11,60	20	3,48	
Guantes de jebe neoprene	Par	6,00	16,88	25	4,05	
Correa portalámparas	Pza.	6,00	11,72	350	0,20	
Lentes de seguridad de malla	Pza.	6,00	21,85	90	1,46	
Botas de jebe	Par	6,00	55,10	120	2,76	
Mameluco camisa pantalón	Pza.	6,00	57,2	120	2,86	
Respiradores 3M	Pza.	6,00	71	120	3,55	
Filtro respirador 3M	Par	6,00	25,08	20	7,52	
Tapón de oídos	Par	6,00	4,36	115	0,23	
Pantalón de jebe	Pza.	6,00	33,9	85	2,39	
Saco de jebe	Pza.	6,00	33,9	85	2,39	
Sujetador de casco/carrilera	Pza.	6,00	3,62	90	0,24	
Tafílete de protector	Pza.	6,00	10,28	120	0,51	
Lámpara de baterías +cargador	Pza.	6,00	219,62	500	2,64	
Total, Implemento De Seguridad					35,21	27,08

4.4.1.3 Precios unitarios de materiales de perforación

Tabla 25.

Precios de materiales de perforación

Barrenos	Cantidad	Precio S/.	V. útil	p.p.	Costo S/.	Costo S/.
					X Disp.	X m.
Barra cónica de 6 pies	1	317,52	1200,00	160	42,30	
Broca de 38 mm	1	79,50	400,00	160	31,70	
Total, Barrenos					74,00	56,91
Mangueras y accesorios	Unidad	Cantidad	Precio S/.	V. útil	Costo S/.	Costo S/.
					X Disp.	X m.
Manguera de 1 o 3/4"	Metros	30,00	4,75	110	1,30	
Manguera de 1/2"	Metros	30,00	9,50	90	3,17	
	Galones	0,34	40,7	1	13,91	
Total, Mangueras y Accesorios					18,38	14,14

4.4.1.4 Precios unitarios de herramientas

Tabla 26.

Precio de herramientas

Descripción	Und.	Cantidad	Precio S/.	V. útil	Costo S/./ Disp.	Costo S/./ m
Lampas	Pza.	2,00	34,00	35,0	1,94	
Picos	Pza.	2,00	31,05	70,0	0,89	
Llave Stylison 24"	Pza.	1,00	77,32	150,0	0,52	
Llave francesa 16"	Pza.	1,00	58,10	150,0	0,39	
Saca barrenos	Pza.	1,00	38,54	150,0	0,26	
Alambre de amarre N° 16	Kg.	0,25	5,68	1,0	1,42	
alambre de amarre N° 18	Kg.	0,10	5,68	1,0	0,57	
Barretillas	Pza.	2,00	63,00	100,0	1,26	
Cucharilla	Pza.	1,00	11,15	180,0	0,06	
Punzón de cobre	Pza.	1,00	10,35	180,0	0,06	
Soplete para barrido de taladros	Pza.	1,00	52,00	180,0	0,29	
Guiadores para perforación	Pza.	5,00	3,30	45,0	0,37	
Atacador de madera	Pza.	1,00	8,10	45,0	0,18	
Flexómetro 5m.	Pza.	1,00	8,70	45,0	0,19	
Cachimba (hechizo) de 10 a 6	Pza.	1,00	25,20	180,0	0,14	
Cachimba (Hechizo) de 12 a 6	Pza.	1,00	32,60	180,0	0,18	
Pata de cabra (Hechizo)	Pza.	1,00	45,81	300,0	0,15	
Santiago para rieles	Pza.	1,00	1324,00	1800,0	0,74	
Gamarrilla de agua	Pza.	1,00	121,00	180,0	0,67	
Arco de sierra	Pza.	1,00	17,00	150,0	0,11	
Hoja de sierra	Pza.	1,00	5,05	12,0	0,42	
Balón de gas de 10 kg	Gl.	1,00	42,06	45,0	0,93	
Alicate	Pza.	1,00	15,20	150,0	0,10	
Pintura	Pza.	0,02	23,00	1,0	0,46	
Total, herramientas					12,30	9,46

4.4.1.5 Precios unitarios para explosivos

Tabla 27.

Precio de Explosivos y accesorios

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio S/.	V. útil	Costo S/. X Disp.	Costo S/. X m.
Explosivos	Kg.	23,63	6,30	1,00	148,87	
Carmex z-18	Pza.	33,00	1,77	1,00	58,41	
Mecha rápida	Metros.	8,00	1,35	1,00	10,80	
Total, Explosivos y accesorios					218,08	167,75

4.4.1.6 Precios unitarios de máquina perforadora

Tabla 28.

Precio de máquina perforadora

Descripción	P.U S/.	Repuestos	V. útil	Costo S/. X PP	Pies Perf.	Costo S/. X m.
Máquina Perforadora Pala Eimco 12-B	14616	80,00%	90000,00	0,29	160,00	
Total, Explosivos y accesorios				0,29	160,00	48,77

4.4.1.7 Precios unitarios de energía y aire comprimido

Tabla 29.

Precio de energía y aire comprimido

Descripción	Hrs. /Disp.	Incidencia	kW.h	Costo S/.	Costo S/. X Disp. Hrs	Costo S/. X m.
Winche de izaje 70HP	6	75%	53,00	16,80	75,60	
Compresora eléctrica 325 CFM	6	75%		26,40	118,80	
Ventilador 20000 CFM	8	45%	26,25	8,70	31,32	
Electrobomba sumergible 9 Kw	2	75%	7,50	2,40	3,60	
Compresora y otros	12	65%	100,00	32,00	249,60	
Total, energía y aire comprimido					478,92	368,40

4.4.1.8 Precios de alimentación, movilidad y otros

Tabla 30.

Precio de alimentación movilidad y otros

Descripción	Cantidad	Incidencia	Precio S/.	Costo S/. X Disp.	Costo S/. X m.
Comedor (personal)	6	70%	26,00	109,20	
Comedor (Supervisión)	10	10%	26,00	26,00	
Movilidad (personal)	1	10%	180,00	18,00	
Movilidad (supervisión)	1	15%	150,00	22,50	
Combustible- Movilidad (Gl)	12	10%	13,00	15,60	
Abastecimiento agua perf. M3	2	75%	6,00	9,00	
Total, energía y aire comprimido				200,30	154,08

4.4.1.9 Subtotal

Tabla 31.

Sub total de costos directos e indirectos

SUB TOTAL COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS					1642,13
Utilidad			0%		0
Imprevistos			10%		164,212655
COSTO POR METRO LINEAL					1806,34

4.4.1.10 Costo total Ejecución inclinado

Tabla 32.

Costo total de inclinado 719

Descripción	Cantidad	Unidad	PU	Und	Costo total
Pique inclinado	329,00	M	1806,34	S/. M	594285,60
			497,61	\$/m	163715,04

4.4.2 Costo de instalación y pernos y mallas electrosoldadas

4.4.2.1 Mano de obra

Tabla 33.

Precios por mano de obra Obreros

Obreros	Horas	Tareas	Jornal	Costo S/. X Disp.	Costo S/. /Pza.
Perforista	8	1,00	80,00	80	
Ayudante Perforista	8	1,00	75,00	75	
Compresora- Ayud. Mec	8	0,10	60,00	6	
Sub- total	24	2,10		161	
Leyes Sociales	0,00%			0,00	
Total, Obreros				161,00	7,67
Costos fijos y GG					1,05

Tabla 34.
Costo de mano de obra Supervisión

Supervisión	Tareas	Incidencia	Jornal S/.	Costo S/. X Disp.	Costo S/. /pza.
Residente	1	5,00%	235,22	11,76	
Ing. Guardia	1	5,00%	183,33	9,17	
Asist. Jefe de guardia	1	5,00%	116,67	5,83	
Ing. De Seguridad	1	3,00%	200	6,00	
Inspector de seguridad	1	3,00%	100	3,00	
Mecánico/ lampero	1	3,00%	84	2,52	
Capataz	1	5,00%	94	4,70	
Administrador	1	3,00%	100	3,00	
Asist. Administrador	1	3,00%	73,33	2,20	
Asistente Social	1	2,00%	83	1,66	
Sub total	10			49,84	
Leyes sociales	65,29%			32,54	
Total, Supervisión				82,38	3,92

4.4.2.2 Implementos de seguridad

Tabla 35.
Precios de unitarios por implemento de seguridad

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio S/.	V. útil	Costo S/. X Disp.	Costo S/. /pza.
Protector	Pza.	2,00	49,50	320	0,31	
Guantes de cuero	Par	2,00	11,60	20	1,16	
Guantes de jebe neoprene	Par	2,00	15,00	25	1,20	
Correas porta lámparas	Pza.	2,00	11,72	350	0,07	
Lentes de seguridad de malla	Pza.	2,00	21,85	90	0,49	
Botas de jebe	Par	2,00	55,10	120	0,92	
Mameluco camisa pantalón	Pza.	2,00	57,20	120	0,95	
Respiradores 3M	Pza.	2,00	71,00	120	1,18	

Filtro respirador 3M	Par	2,00	25,08	20	2,51
Tapón de oídos	Par	2,00	4,36	115	0,08
Pantalón de jebe	Pza.	2,00	33,90	85	0,80
Saco de jebe	Pza.	2,00	33,90	85	0,80
Sujetador de casco/carrilera	Pza.	2,00	3,62	90	0,08
Tafilete de protector	Pza.	2,00	10,28	120	0,17
Lampara de baterías +cargador	Pza.	2,00	219,62	500	0,88
Total, Implem. De Seguridad					11,59 0,55

4.4.2.3 Materiales de perforación

Tabla 36.
Precio unitario de materiales de perforación

Barrenos	Cantidad	Precio S/.	V. útil	p.p.	Costo S/. X Disp.	Costo S/. /pza.
Barra cónica de 5 pies	1	98,18	1200,00	126	10,31	
Broca de 38 mm	1	27,52	400,00	126	8,67	
Total, Barrenos					18,98	0,90

Mangueras y accesorios	Unidad	Cantidad	Precio S/.	V. útil	Costo S/. X Disp.	Costo S/. /pza.
Manguera de 1/2"	Metros	30,00	4,75	150	0,95	
Manguera de 1"	Metros	30,00	9,50	120	2,38	
Aceite de perforación	Galones	0,15	40,70	1	6,11	
Total, Barrenos					9,43	0,45

4.4.2.4 Herramientas

Tabla 37.
Precio unitarios de herramientas

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio S/.	V. útil	Costo S/. X Disp.	Costo S/. /pza.
Lampas	Pza.	1,00	34,00	35,00	0,97	
Picos	Pza.	1,00	31,05	70,00	0,44	
Llave Styilson 24"	Pza.	1,00	77,32	150,00	0,52	
Llave francesa 16"	Pza.	1,00	58,10	150,00	0,39	
Saca barrenos	Pza.	1,00	38,54	150,00	0,26	
Alambre de amarre N° 16	Kg.	0,25	5,68	1,00	1,42	

alambre de amarre N° 18	Kg.	0,10	5,68	1,00	0,57
Barretillas	Pza.	2,00	63,00	100,00	1,26
Cucharilla	Pza.	1,00	11,15	180,00	0,06
Punzón de cobre	Pza.	1,00	10,35	180,00	0,06
Soplete para barrido de taladros	Pza.	1,00	52,00	180,00	0,29
Guiadores para perforación	Pza.	5,00	3,30	45,00	0,37
Atacador de madera	Pza.	1,00	8,10	45,00	0,18
Flexómetro 5m.	Pza.	1,00	8,70	45,00	0,19
Cachimba (hechizo) de 10 a 6	Pza.	1,00	25,20	180,00	0,14
Cachimba (Hechizo) de 12 a 6	Pza.	1,00	32,60	180,00	0,18
Pata de cabra (Hechizo)	Pza.	1,00	45,81	300,00	0,15
Santiago para rieles	Pza.	1,00	1324,00	1800,00	0,74
Gamarrilla de agua	Pza.	1,00	121,00	180,00	0,67
Arco de sierra	Pza.	1,00	17,00	150,00	0,11
Hoja de sierra	Pza.	1,00	5,05	12,00	0,42
Balón de gas de 10 kg	Gl.	1,00	42,06	45,00	0,93
Alicate	Pza.	1,00	15,20	150,00	0,10
Pintura	Pza.	0,02	23,00	1,00	0,46
Total, herramientas					10,88 0,52

4.4.2.5

4.4.2.6 Máquina perforadora

Tabla 38.

Precio unitario de máquina perforadora

Descripción	P.U S/.	Repuestos	V. útil	Costo S/. X PP	Pies Perf.	Costo S/. X pza.
Máquina Perforadora	14616	100,00%	90000,00	0,32	126,00	
Total, máquina perforadora					40,92	1,95

4.4.2.7 Materiales

Tabla 39.

Precio unitario de materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Vida útil	Costo s/. x disp.	Costo S/. X pza.
Perno Helicoidal de 6 pies	Pza.	1,00	30,26	1,00	30,26	30,26
Cartucho de Resina	Pza.	2,00	1,93	1,00	3,86	3,86
Cartucho de Cemcom	Pza.	4,00	0,74	1,00	2,96	2,96
Malla electrosoldada	m2	1,67	21,25	1,00	35,49	35,49
Total, elementos mecánicos					72,57	72,57

4.4.2.8 Energía y aire comprimido

Tabla 40.

Precios unitarios de energía y aire comprimido

Descripción	Hrs. /Disp.	Incidencia	kW.h	Costo S/. Hrs	Costo S/. X Disp.	Costo S/. /pza.
Winche de izaje 70HP	6	15%	53,00	16,80	15,12	
Compresora eléctrica 325 CFM	6	30%		26,40	47,52	
Ventilador 20000 CFM	8	30%	26,25	8,70	20,88	
Electrobomba sumergible 9 Kw	2	30%	7,50	2,40	1,44	
Compresora y otros	12	20%	100,00	32,00	76,80	
Total, energía y aire comprimido					161,76	7,70

4.4.2.9 Alimentación, movilidad y varios

Tabla 41.

Precios unitarios de alimentación, movilidad y otros

Descripción	Cantidad	Incidencia	Precio S/.	Costo S/. X Disp.	Costo S/. X pza.
Comedor (personal)	6	100%	26,00	156,00	
Comedor (Supervisión)	10	10%	26,00	26,00	
Movilidad (personal)	1	10%	180,00	18,00	
Movilidad (supervisión)	1	15%	150,00	22,50	
Combustible- Movilidad (GI)	12	10%	13,00	15,60	
Abastecimiento agua perf. M3	2	75%	6,00	9,00	
Total, alimentación, movilidad y varios				247,10	11,77

4.4.2.10 Subtotal

Tabla 42.

Subtotal de costo por perno helicoidal

SUB TOTAL COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS				109,05
Utilidad		0%		0
Imprevistos		10%		10,90
COSTO POR PERNO HELICOIDAL				119,95

4.4.2.11 Total, por perno más malla electrosoldada

Tabla 43.

Costo total por instalación más malla electrosoldada

Descripción	Cantidad	Und.	PU	Und	Costo total
Sostenimiento de Pique inclinado	1219,00	Pernos	119,95	S/. M	146 222,66
			33,04	\$/m	40281,73

4.4.3 Precio unitario de la instalación de rieles

Se tiene un rendimiento de 9 metros por guardia con 1.5 colleras

4.4.3.1 Precio unitario de mano de obra

Tabla 44.

Precio unitario de mano de obra, Obreros

Obreros	Horas	Tareas	Jornal	Costo S/. X gdia	Costo S/. /pza
Maestro carrilano	8	1,00	80,00	80,00	
Ayudante carrilano	8	1,00	75,00	75,00	
Peón	8	1,00	65,00	65,00	
Sub- total	24	3,00		220,00	
Leyes Sociales	101,81%			223,98	
Total, Obreros				443,98	49,33
Costos fijos y GG					2,77

Tabla 45.

Precio unitario de mano de obra, Supervisión

Supervisión	Tareas	Incidencia	Jornal S/.	Costo S/. X Disp.	Costo S/. /m
Ing. Residente	1	5,00%	235,22	11,76	
Ing. Jefe de Guardia	1	5,00%	183,33	9,17	
Asist. Jefe de guardia	1	5,00%	116,67	5,83	
Ing. Prevención	1	3,00%	200	6,00	
Inspector de seguridad	1	3,00%	100	3,00	
Mecánico/ lampero	1	3,00%	84	2,52	
Capataz	1	5,00%	94	4,70	
Administrador	1	3,00%	100	3,00	
Asist. Administrador	1	3,00%	73,33	2,20	
Asistenta Social	1	3,00%	83	2,49	
Sub total	10			50,67	
Leyes sociales	65,29%			33,08	
Total, Supervisión				83,75	9,31
Costos Fijos y GG					2,77

4.4.3.2 Precio unitario de implementos de seguridad

Tabla 46.

Precio unitario de implementos de seguridad

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio S/.	V. útil	Costo S/. X Disp.	Costo S/. /m
-------------	--------	----------	------------	---------	-------------------	--------------

Casco protector	Pza.	3,00	49,50	320	0,46	
Guantes	Par	3,00	11,60	20	1,74	
Correas portalámparas	Pza.	3,00	11,72	350	0,10	
Lentes de seguridad de malla	Pza.	3,00	21,85	90	0,73	
Botas de jebe	Par	3,00	55,10	120	1,38	
Mameluco camisa pantalón	Pza.	3,00	57,2	120	1,43	
Respiradores 3M	Pza.	3,00	71	120	1,78	
Filtro respirador 3M	Par	3,00	25,08	20	3,76	
Protector de oídos	Par	3,00	4,36	115	0,11	
Pantalón de jebe	Pza.	3,00	33,9	85	1,20	
Saco de jebe	Pza.	3,00	33,9	85	1,20	
Sujetador de casco/carrilera	Pza.	3,00	3,62	90	0,12	
Tafilite de protector	Pza.	3,00	10,28	120	0,26	
Lampara de baterías +cargador	Pza.	3,00	219,62	500	1,32	
Arnés 4ª nillos D	Pza.	3,00	172,5	180	2,88	
Línea de vida	Pza.	3,00	61,2	180	1,02	
Total, Implem. De Seguridad					19,47	2,16

4.4.3.3 Precio unitario de herramientas

Tabla 47.

Precio unitario de herramientas

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio S/.	V. útil	Costo S/. X Disp.	Costo S/. /pza.
Lampas	Pza.	1,00	33,80	35,00		0,97
Picos	Pza.	1,00	30,02	70,00		0,43
Barretillas	Pza.	2,00	63,00	100,00		1,26
Corvina de 36 "	Pza.	1,00	285,00	150,00		1,90
Azuela	Pza.	1,00	32,00	150,00		0,21
Comba de 8 lbs.	Pza.	1,00	56,85	120,00		0,47
Puntas (ahusadas)	Kg.	1,00	13,54	15,00		0,90
Formón	Kg.	1,00	1,93	50,00		0,04
Flexómetro 5m.	Pza.	1,00	8,70	45,00		0,19
Cachimba (hechizo) de 10 a 6	Pza.	1,00	25,20	180,00		0,14
Cachimba (Hechizo) de 12 a 6	Pza.	1,00	32,60	180,00		0,18
Pata de cabra (Hechizo)	Pza.	1,00	45,81	300,00		0,15
Santiago para rieles	Pza.	1,00	1324,00	1800,00		0,74

Total, herramientas	7,59	0,84
----------------------------	-------------	-------------

4.4.3.4 Precio unitario de materiales

Tabla 48.

Precio unitario de materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Vida útil	Costo s/. x disp.	Costo S/. X pza.
Rieles de 30 libras	Und.	2,00	280,00	1,00	560,00	93,33
Eclisas	Pza.	4,00	6,00	1,00	24,00	4,00
Durmientes	Pza.	8,00	15,59	1,00	124,72	20,79
Pernos y tuercas	Pza.	8,00	1,95	1,00	15,60	2,60
Clavos rieleros	Pza.	32,00	0,50	1,00	16,00	2,67
Total, elementos mecánicos					740,32	123,39

4.4.3.5 Precio unitario de energía y aire comprimido

Tabla 49.

Precio unitario de energía y aire comprimido

Descripción	Hrs. /Disp.	Incidencia	kW.h	Costo S/. Hrs	Costo S/. X Disp.	Costo S/. /pza.
Winche de izaje 154HP	6	15%	52,50	16,80	15,12	
Ventilador 20000 CFM	8	30%	26,25	8,40	20,16	
Compresora y otros	12	20%	100,00	32,00	76,80	
Total, energía y aire comprimido					112,08	12,45

4.4.3.6 Precio unitario de alimentación, movilidad y otros

Tabla 50.

Precio unitario de alimentación, movilidad y otros

Descripción	Cantidad	Incidencia	Precio S/.	Precio \$.	Costo S/. X Disp.	Costo S/. X pza.
Comedor (personal)	3	100%	25,00		75,00	
Comedor (Supervisión)	10	10%	25,00		25,00	
Movilidad (personal)	1	10%	180,00		18,00	
Movilidad (supervisión)	1	15%	150,00		22,50	
Combustible- Movilidad (GI)	12	10%	12,00		14,40	

Total, alimentación, movilidad y varios	154,90	17,21
--	---------------	--------------

4.4.3.7 Subtotal de precios unitarios para instalación de rieles

Tabla 51.

Precio unitario de instalación de rieles

SUB TOTAL COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS		220,24
Utilidad	10%	22,02
Imprevistos	0%	
COSTO INSTALACION DE RIELES RECTOS	S/.	242,26

4.4.3.8 Total, precio de instalación de rieles rectos

Tabla 52.

Precio total, precio de instalación de rieles rectos

Descripción	Cantidad	Und.	PU	Und	Costo total
Instalación de riel en el pique inclinado	356,00	M	242,26	S/. m	86 244,07
			65,83	\$/m	23 435,89

4.4.4 Precio unitario de chimenea 1.2m x 1.5m

Tabla 53.

Precio total, precio Precio unitario de chimenea 1.2m x 1.5m

PARTIDA:				Altura de labor	1,500	mt
UNIDAD DE MEDIDA:	M3			Ancho de Labor	1,200	mt
ELABORADO POR:				Área	1,800	m2
UNIDAD DE PRODUCCION:	DILUVIO			Longitud barra:	1,200	mt
TIPO DE MATERIAL:	Desmante M3	2,33		Eficiencia de Perforación	95%	%
DUREZA MATERIAL:	MEDIANO	Fact. Esp.		Eficiencia voladura:	90%	%
Volumen (m3)	1,94	2,53		eficiencia de avance	1,08	mt
Factor de potencia:	7,69	Kg / m3 Dina		Pies perforados	80,00	PP
Taladros Perforados	20,00	tal / gdia		Dinamita	1,46	Kgs.
Taladros Cargados	18,00			Pies de Guía	100,00	Pies

Horas por guardia:	8,00	Hr / guardia		Anfo.	13,50	Kgs.
Densidad del material:	2,80	ton / m3	5,44	Ton + F. E	15,0	

4.4.4.1 Mano de obra

Tabla 54.

Precio unitario, mano de obra para chimenea 1.2m x 1.5m

ITEM	DESCRIPCION	Und.	Cant.	P.U.(US\$)	Sub Total	BBSS (102%)	Total	TOTAL (US\$)	TOTAL (S/.)
1	Perforista	h/h	1,00	18,75	18,75	19,13	37,88		
2	Ayud. perforista	h/h	1,00	17,19	17,19	17,53	34,72		
3	Ayud. general	h/h	0,00	17,19	0,00	0,00	0,00		
6	Bodeguero	h/h	0,00			0,00	0,00		
7	Capataz	h/h	0,00	32,14	0,00	0,00	0,00	72,59	280,21

4.4.4.2 Materiales de perforación

Figura 51.

Precios unitarios, Materiales de perforación

ITEM	DESCRIPCION	Und.	Cant.	P.U. (US\$)	Vida Útil	Costo Unit.	Precio /disp.	Total (S/.)
1	Perforadora (pies)	pza	80,0	4500,	90000,	0,05	4,00	
			0	0	0			
2	Repar. y Reposición 50%	Glb.	80,0	2250,	90000,	0,03	2,00	
			0	0	0			
3	Barra cónica de 4'	pza	80,0	105,0	1200,0	0,09	7,00	
			0	0	0			
4	Barra cónica de 5'	pza	0,00	105,0	1200,0	0,09	0,00	
				0	0			
5	Broca descartable	pza	80,0	30,00	300,00	0,10	8,00	
			0					
6	Mang. de 1/2" (30m/disp.)	m	1,00	2,24	120,00	0,02	0,02	
7	Mang. de 1" (30m/disp.)	m	1,00	4,31	120,00	0,04	0,04	

8	Aceite de perforación	Gln.	0,25	14,37	1,00	14,37	3,59	
								24 ,65 95,14

4.4.4.3 Implementos de seguridad

Tabla 55.

Precios unitarios de implementos de seguridad

DESCRIPCION	Und.	Cant.	P.U. (US\$)	Vida Útil	Costo Unit.	Precio /disp. (\$.)	Total (S/.)
Protector (Casco) tipo sombrero	pza	2,38	11,58	540,0	0,02	0,05	
Barbiquejo	pza	2,38	1,00	120,0	0,01	0,02	
Tapón de oídos	pza	2,38	1,50	120,0	0,01	0,03	
Pantalón con cinta reflectiva	pza	2,38	12,00	180,0	0,07	0,16	
Chaqueta con cinta reflectiva	pza	2,38	15,00	180,0	0,08	0,20	
polo con cinta reflectiva	pza	2,38	18,00	180,0	0,10	0,24	
Chaleco con cinta reflectiva	pza	2,38	9,00	180,0	0,05	0,12	
Ropa de jebe	pza	2,38	19,65	90,00	0,22	0,52	
Respirador 3M	pza	2,38	25,00	180,0	0,14	0,33	
Cartucho para respirador	pza	2,38	7,00	13,00	0,54	1,28	
Correa de seguridad	pza	2,38	6,00	270,0	0,02	0,05	
Botas de jebe	par	2,38	18,00	180,0	0,10	0,24	
Zapatos de seguridad	par	2,38	15,00	360,0	0,04	0,10	
Arnés de Seguridad + Línea de Vida	pza	2,38	52,00	150,0	0,35	0,83	
Guantes nitro	par	2,38	3,00	15,00	0,20	0,48	
Lampara de baterías KLM + cargador	pza	2,38	76,00	360,0	0,21	0,50	
Total, Implementos de Seguridad					2,16	5,14	19,84

4.4.4.4 Herramientas y otros materiales

Tabla 56.

Precios herramientas y otros

Materiales	Unidad	Cant.	P.U (US\$)	V. Útil	Costo Unit. \$	Precio /disp. (\$.)	Total (S/.)
Lampas	Pza.	1,00	9,57	120,00	0,08	0,08	
Picos	Pza.	1,00	10,51	120,00	0,09	0,09	
Llave Stylison 14"	Pza.	1,00	14,19	180,00	0,08	0,08	
Alambre de amarre	Kg.	0,25	1,16	1,00	1,16	0,29	
Barretillas	Pza.	2,00	3,00	15,00	0,20	0,40	
Atacador de madera	Pza.	1,00	2,00	30,00	0,07	0,07	
Total, herramientas					1,67	1,00	3,87

4.4.4.5 Equipos de perforación

Tabla 57.

Precio Equipos de perforación

Descripción	P.U. \$	Repuesto	V. Útil	Costo x pie Perf. \$	Pies Perforad.	Precio /disp. (\$.)	Total (S/.)
Máquina Perforadora	4800,00	1,00	90000,00	0,11	80,00	8,53	
Total				0,11	80,00	8,53	32,94

4.4.4.6 Materiales de voladura

Tabla 58.

Precio Materiales de voladura

Explosivos	Unidad	Tal.	Cant.	Precio \$	Precio \$ x disp.	Total (S/.)
Emulnor 5000	Cartuchos	16,00	1,00	0,24	4,32	

Fulminante	Pza.	16,00	1,00	0,76	13,68
Mecha lenta	Metros	16,00	19,81	0,03	10,70
Nitrato	Kg	16,00	0,90	1,29	20,90
Total, Explosivos					49,60 191,44

4.4.4.7 Total, de chimenea 1.2 x 1.5 por metro lineal

Tabla 59.

Total, de chimenea 1.2 x 1.5 por metro lineal

Costo por metro lineal	(UU\$/)	161,51
	(S/.)	623,44

4.4.5 Costo de construcción de cruceros y cortadas

Tabla 60. Costo de construcción de cruceros y cortadas

Descripción	Total\$	Total (S/.)
Total, Mano de obra directa + Costos fijos y GG	48,82	188,45
Total, Mano de obra supervisión + Costos fijos y GG	31,21	120,47
Total, materiales perforación	16,95	65,43
Total, implementos de seguridad	5,09	19,65
Total, herramientas y otros materiales	0,68	2,62
Total, Explosivos y Accesorios	226,46	874,14
Total, equipo de perforación	23,73	91,60
Total, energía y aire comprimido	95,25	367,67
Total, alimentación, movilidad y varios	39,84	153,78
<hr/>		
Sub total Costos directos e indirectos	488,03	1883,80
Utilidad	10%	48,03 188,38
Imprevistos	0%	
Costo Total por metro lineal	536,833	2072,18

4.4.6 Cronograma de ejecución

Tabla 61.

Tiempo de ejecución del proyecto Pique inclinado 719

N°	Nombre de tarea	Duración (Días)
----	-----------------	--------------------

EJECUCIÓN DEL INCLINADO PARA		397
EXTRACCIÓN		
1	Pique inclinado	455
	Ejecución pique (-32°) 2.4 m x 2.1 m	250
	Nivelación del suelo de pique	15
	Tendido de rieles	150
	Instalación de cables eléctricos	15
	Instalación de tuberías de aire y agua	15
2	Infraestructura para el sistema de izaje	34
	Sistema de transporte	15
	Desquinches para estación superior	3
	Desquinches para estación media	3
	Desquinches para estación inferior	3
	Tendido de rieles	10
3	Sistema de izaje	8
	Armado de plataforma para winche de izaje	6
	Instalación de energía para winche	2

4.4.7 Cálculo del costo total de la infraestructura del pique inclinado 719

Seguidamente se da a conocer los costos de la infraestructura del pique inclinado 719, los cuales corresponden a la suma de los precios unitarios de las diversas actividades vinculadas al proceso de profundización de la unidad operativa, lo que conlleva al aumento de la capacidad productiva. Dichos precios unitarios se expresan en función del metro lineal

Tabla 62.
Costo total de la infraestructura para proyecto inclinado 719

Descripción	Cantidad	Und.	P.U. \$	Total \$	Total (S/.)
Cx Avance	155	m.	536.83	83208,7	321185,4
Sostenimiento	291	Pernos	31.1	9050,1	34933,4
Cámara de Desquinche	32	m3.	4.10	131,2	506,4
Winche Sostenimiento	32	Pernos	31.1	995,2	3841,5

Inclinado 719	Avance	330	m.	467.9	154 407,	596011,0
	Sostenimiento	1749	Pernos	31.1	5 4393,9	209960,5
Refugio de	Avance	13.2	m.	536,83	7 086,2	27352,6
seguridad	Sostenimiento	68	Pernos	31.1	2 114,8	8163,1
	Instalación de rieles (Cámaras, Inclinado, Cruceros, cortadas)	300	Metros	65.83	19749,0	76 231,1
Armado plataforma de winche		1	Unidad.	3 000	3 000,0	11 580,0
Tuberías de aire y agua		500	Metros	5	2 500,0	9 650,0
Manga de ventilación		8	Unidad	170	1 360,0	5 249,6
Cable eléctrico para ventilador y bombeo		400	Metros	1	400,0	1544,0
Sub total					338.396,01	1.306.208,58
Contingencias		5 %				
TOTAL					Total (&)	Total (S/.)
					355.315,81	1.371.519,01

4.4.8 Costos de inversión para la comunicación del pique inclinado 719 al Nv

Tabla 63.

Costos de inversión para la comunicación del inclinado 719

Descripción	Costo (\$)	Costo (S/.)
Costo Total de la Infraestructura	355.315,81	1.371.519,03
Ventilador axial 20,000 CFM	11 000,00	42.460,00
Winche eléctrico 50 HP	30 000,00	115.800,00
Tablero eléctrico 50	1 000,00	386.000,00
Carros mineros U-35	9 000, 00	34.740,00
Cable de 18 mm	10 000,00	38.600,00
Electrobomba sumergible 18 Kw	7 000, 00	27.020,00
Total	522.315,81	2.016.139,03

4.4.9 Costo de desarrollo y preparación de la mina

Tabla 64. Costos de desarrollo y preparación

Descripción		Cantidad	Und.	P.U. \$	Total \$	Total (S/.)
Chimenea	Avance	50	m.	426,83	21341,5	82378,19
doble	Sostenimiento	265	Pernos	31.1	8241,5	31812,19
Chimenea	Avance	140	m	367,79	51490,6	198753,716
simple	Sostenimiento	742	Pernos	31.1	23076,2	89074,132
Sub nivel	Avance	900	m.	409,09	368181	1421178,66
	Sostenimiento	4770	Pernos	31.1	148347	572619,42
Instalación de rieles (Cruceiros)		400	400	68.83	27452	106273,52
Instalación de cambio		28	28	110	3080	11888,8
Construcción de tolvas		10	10	551	5510	21268,6
Locomotora de 3 ton eléctricas a batería		2	2	25000	50000	193000
Ventilador axial de 20 000 cfm		2	2	11000	22000	84920
Carros mineros U-35		12	12	1500	18000	69480
Tuberías de agua y aire		1000	1000	3	3000	11580
Manga de ventilación		25	25	170	4250	16405
Cable eléctrico		1300	1300	1	1300	5018
Sub total					755.349,80	2.915.650,23
Contingencias			5%			
Total					793.117,29	3.061.432,74

4.5 Costo de inversión (CAPEX)

Tabla 65. Costo de inversión (CAPEX)

Costo de inversión (CAPEX)		
Descripción	Costo \$	Costo (S/.)
Sistema de extracción (Inclinado)	355.315,81	1.371.519,01
Preparación mina (Niveles 2550 y 2670)	793.117,29	3.061.432,74
Total	1.148.433,10	4.432.951,75

4.6 Costo de operación (OPEX)

Tabla 66. Costo de operación (OPEX)

Costo de operación (OPEX)		
Concepto	Costo \$/TM	Costo S/. /TM
Costo mina	33,00	127,38
Costo planta	28	108,08
Costo transporte	8,00	30,88
Costos Fijos	8,00	30,88
Total	77,00	297,22

Lo que indica que para producir 100 000 TM a un costo de 77 \$/TM, da un total de 7 000 000 US \$/año

4.7 Valorización de reservas y vida de la mina

VETA	TOTAL, TM
Tesoro	260 200
Diluvio	90 500
total	353 700

El tonelaje por extraer entre la veta Tesoro y la veta Diluvio consideradas en la profundización del inclinado 719 es de 350 700 TM.

El tiempo estimado para extraer esta cantidad de reservas es de 6 años a un ritmo de 277.8 TM/día o 8 333.3 TM/mes.

4.7.1 Valorización del concentrado

Una vez estimados los costos operativos, se procede al cálculo del ingreso mensual generado por la comercialización de concentrados. Este valor se determina en función de la ley promedio de zinc presente en el concentrado, según lo establecido en el cálculo del balance metalúrgico de las reservas contempladas para el desarrollo del proyecto inclinado de profundización. Se

considera que la valorización anual y se mantendrá constante durante los 6 años de vida útil proyectada.

Tabla 67.
Balance metalúrgico

Producción anual (TM)	Leyes metal				Recuperación			
	Plata Ag (oz/TM)	Plomo Pb (%)	Cobre Cu (%)	Zinc Zn (%)	Plata Ag (oz/TM)	Plomo Pb (%)	Cobre Cu (%)	Zinc Zn (%)
Cabeza: 100.000,00	5,64	2,05	0,32	3.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Concentrado: 3.800,00	99	1.52	0.94	51	75	19.00	11.75	85
Relaves: 116.200,00	0.89	2.07	0.29	0.31	15.12	621.63	88.25	9.91

4.7.1.1 Características de concentrado de Zn

Tonelaje: 3800 TM

Leyes de metales pagables:

Ley de Zn	67.57 %
Ley de Ag	119.68 oz/TM

Pagos:

Zn: ley (%) * 85%

Zn: 51% * 85% = 1647.3 lb /TM □ 0.86\$/lb = 1416.68 \$/TM

Ag: Ley (oz/TM) – 3 (oz/TM) * 75%

Ag: (99 oz/TM – 3 oz/TM) * 75% = 72 □ 72 Oz/TM* 40\$/Oz = 2880 \$/TM

Total, de pagos = 1 416.68+ 2 880 = 4296.68 \$/TM

Penalidades (15%) = 15% (4296.68) = 644.5

Pagos – penalidades= 4296.68 – 644.5 = 3652.2 \$/TM

Ingreso anual	TM Concent.	Valor (US\$/TM)	Valor anual (US\$)
Venta de concentrado de zinc	3800	3652.2	13 878 277.54

4.7.2 Vida de mina

*Vida de mina = ton.Mineral / Producc.Mes * 12*

*Vida de mina = 350 700 / 5166 TMS * 12*

Vida de mina = 6 años

4.7.2.1 Cálculo de Van y TIR

La implementación del pique inclinado 719 con una inclinación de 32° se ha llevado a cabo con el propósito de optimizar la extracción de mineral. Para su evaluación económica, se contemplarán las siguientes consideraciones.

Total, de inversión : \$ 812 000

Tiempo/horizonte de proyecto : 6 años

Tasa de interés anual : 15%

Impuesto a la renta : 30%

4.7.2.1.1 Flujo de caja económico

Tabla 68.

Flujo de caja económico de pique inclinado 719

Periodo (año)	0	1	2	3	4	5	6
Inversión CAPEX	- 1.148.433,10						
Ingresos							
Ventas concentrado	0	13878277,54	13878277,5	13878277,5	13878277,54	13878277,54	13878277,54
Egresos		0	0	0	0	0	0
Costo operac. OPEX		7700000	7700000	7700000	7700000	7700000	7700000
Utilidad operativa		6.178.277,54	6178277,54	6178277,54	6178277,54	6178277,54	6178277,54
Imp. Renta (30%)		4324794,278	4324794,28	4324794,28	4324794,278	4324794,278	4324794,278
Flujo de caja	- 1.148.433,10	1.853.483,26	1.853.483,26	1.853.483,26	1.853.483,26	1.853.483,26	1.853.483,26

Como resultado se tiene una evaluación económica a 15 % de descuento anual:

Valor actual neto (VAN) = 5.380.352,64

Tasa interna de retorno (TIR) =161%

Beneficio costo (B/C) = 5.68

Periodo de recuperación =1 año

Por lo que el proyecto de pique inclinado 719 es altamente rentable

Interpretación:

1. Valor Actual Neto (VAN) = 5,380,352.64. Qué es: Es el valor presente de los beneficios futuros que generará el proyecto, descontados a una tasa del 15% anual (costo de oportunidad o tasa mínima aceptable de rendimiento). Un VAN positivo (S/ 5.38 millones) significa que el proyecto genera valor adicional sobre la inversión inicial. En otras palabras, el diseño y simulación del pique

inclinado 719 es rentable, ya que los beneficios esperados superan ampliamente los costos actualizados.

2. Tasa Interna de Retorno (TIR) = 161%. Es la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos con el valor presente de los costos. Indica la rentabilidad porcentual real del proyecto. Una TIR de 161% es muy superior al 15% de tasa de descuento, lo que demuestra que el proyecto es altamente rentable y atractivo financieramente. Significa que, por cada sol invertido, el retorno anual esperado es de 1.61 soles de ganancia adicional.

3. Relación Beneficio/Costo (B/C) = 5.68. Qué es: Es la relación entre los beneficios actualizados y los costos actualizados del proyecto. Un valor $B/C > 1$ indica que los beneficios superan a los costos. En este caso, 5.68 significa que, por cada sol invertido, se obtienen 5.68 soles de beneficio, lo cual es un indicador muy favorable de eficiencia económica.

4.8 Comparación de sistema de extracción

Figura 52.
Diagrama de extracción anterior

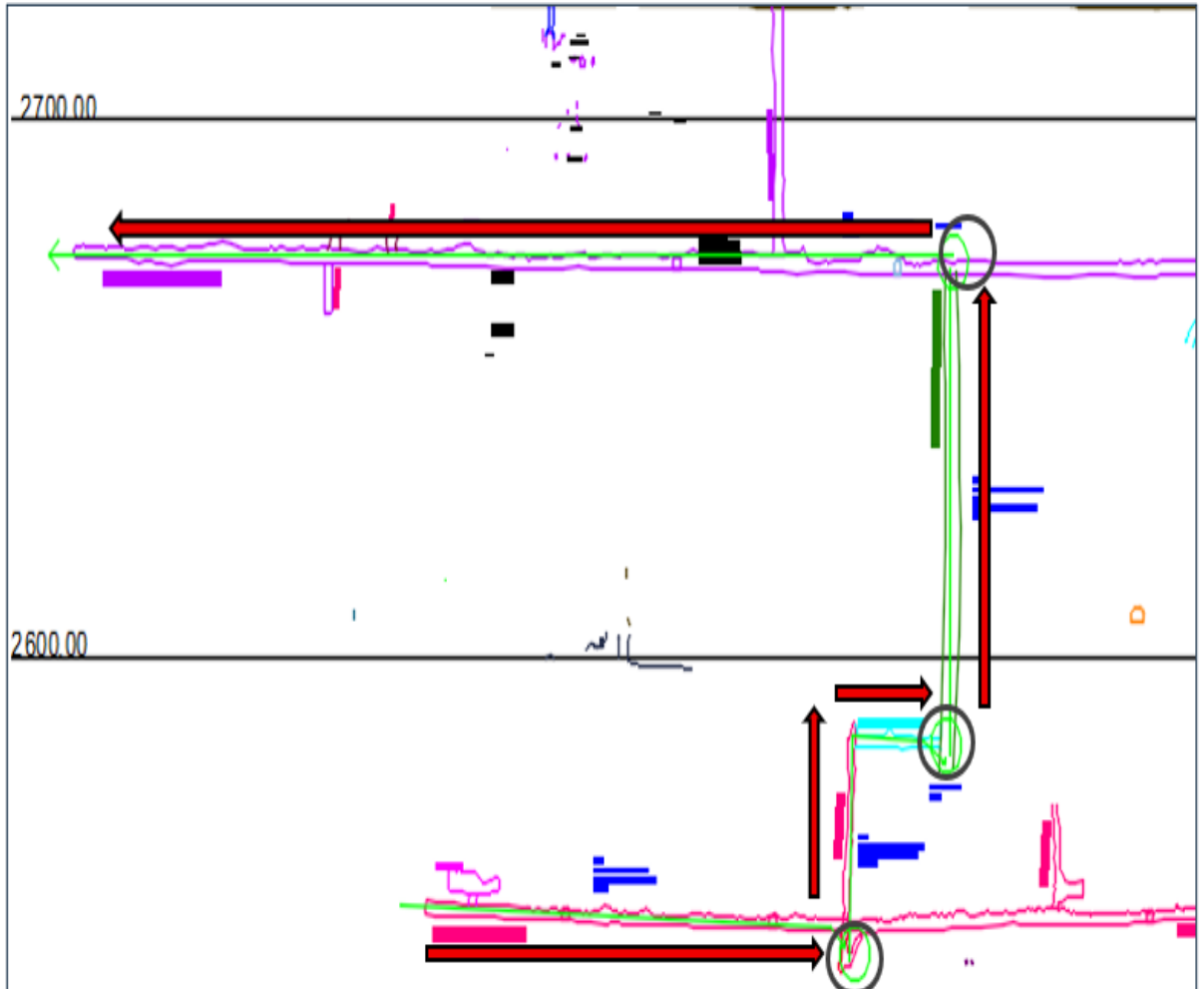
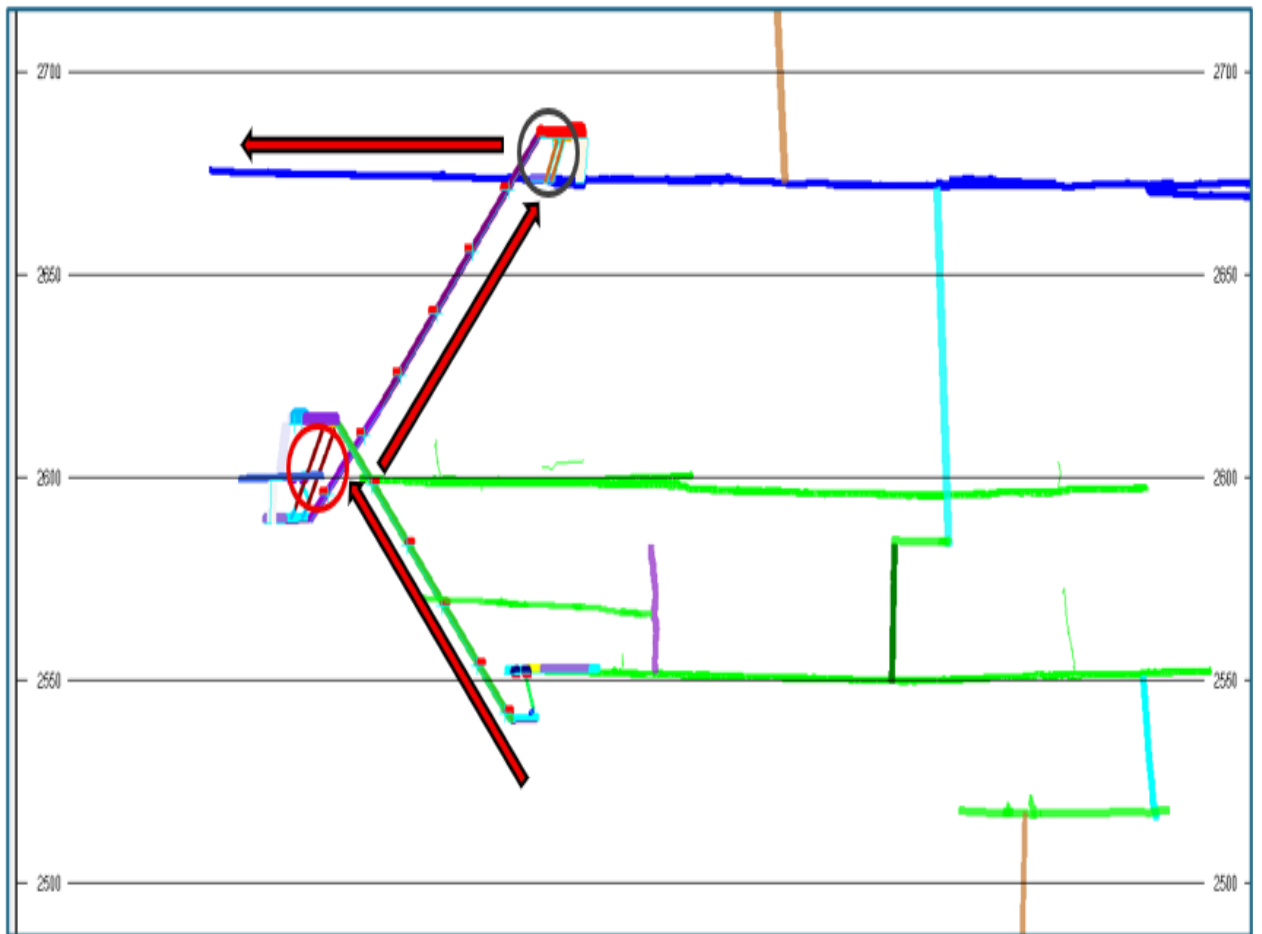


Figura 53.
Diagrama de extracción propuesta pique inclinado 719



4.9 Desarrollo de la evaluación del costo unitario de extracción

Respecto al costo de extracción se representa el valor económico relacionado a extraer una tonelada de material desde los niveles inferiores. Para realizar el cálculo, se considera la intervención de tres operarios en ambos diseños de izaje. En el caso del pique convencional, el equipo está conformado por un maestro piquero perforista, un ayudante piquero perforista y un peón de pique o auxiliar de servicios. En cambio, en el pique inclinado se requiere un maestro perforista y dos ayudantes perforistas, dado que el uso del equipo U-35

conlleva mayores riesgos por el peso de la carga, lo cual exige personal con mayor capacitación y experiencia que la de un peón o auxiliar.

4.9.1 Costo unitario extracción Pique inclinado 719

1. MANO DE OBRA DIRECTA						
Descripción	Factor de pago	Total por Guardias	Costo unit.	Bono por	Costo real	
			Del recurso	producción	(soles)	
Maestro perforista 1	2,05	1 TAR	85	6	180,25	
Ayudante perforista 1	2,05	2 TAR	70	4	295	
Ayudante perforista 2	1,27	0 TAR	60	4	0	
Servicios Auxiliares	2,05	0 TAR	70	4	0	
		3 TAR			475,25	
2. MANO DE OBRA INDIRECTA						
Descripción	Total por turno	Costo unit.	Bono por	Costo real		
		Del recurso	producción	(soles)		
M.O. INDIRECTA SUPERVISION ECM. SER. DIV. - SOSTENIMIENTO	1 TURNO	7,56	0	7,56		
M.O. INDIRECTA SUPERVISION ECM. SER. DIV. - SOSTENIMIENTO-LOGISTICO	1 TURNO	0,83	0	0,83		
M.O. INDIRECTA SUPERVISION ECM. SER. DIV. - SOSTENIMIENTO-CHOFER	1 TURNO	1,72	0	1,72		
				10,11		
3. SUMINISTROS						
Descripción	Cantidad	Costo real				
		(soles)				
LAMPA	2 PZA	1,28	2,56			
BARRETILLA	2 PZA	1,8	3,6			
PICO	3 PZA	1,05	3,1416			
OTROS (17% DEL TOTAL)						
			9,3016			
4. MOVILIDAD SERVICIOS						
Descripción	Numero de tareas	Costo unitario	Costo real			
			(soles)			
CAMION DE SERVICIOS	3 TAR	3,1	9,3			
CAMIONETA DE SERVICIOS	3 TAR	1,62	4,86			
			14,16			
4. IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD MOD						
Descripción	Numero de tareas	Costo unitario	Costo real			
			(soles)			
FACTOR DE EPP'S - FRENTE , TAJOS - SIN R.AGUA	3 TAR	5,1	15,3			
FACTOR DE EPP'S - FRENTE , TAJOS CON R.AGUA	0 TAR	0,98	0			
			15,3			
5. IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD MOI						
Descripción	Numero de turnos	Costo unitario	Costo real			
			(soles)			
M.O. INDIRECTA SUPERVISION SER. DIV. - SOSTE. EPP	1 TURNO	0,24	0,24			
M.O. INDIRECTA SUPERVISION SER. DIV. - SOSTE. EPP-LOGISTICO	1 TURNO	0,06	0,06			
M.O. INDIRECTA SUPERVISION SER. DIV. - SOSTE. EPP-CHOFER	1 TURNO	0,1	0,1			
			0,4			
EXAMEN MEDICO ANUAL		1,31	3,93			
VIATICOS OBREROS		5,8	17,4			
ALIMENTACION INDIRECTA CONTRATA DIVERSOS - SOSTENIMIENTO		1,32	1,32			
ALIMENTACION INDIRECTA CONTRATA DIVERSOS - SOSTENIMIENTO-LOGISTICO		0,21	0,21			
ALIMENTACION INDIRECTA CONTRATA DIVERSOS - SOSTENIMIENTO-CHOFER		0,3	0,3			
ALIMENTACION (MANO DE OBRA DIRECTA)		83	83			
			106,16			
			SUB TOTAL PARCIAL			
			630,6816			
	Contingencias		0,00%			
	Utilidad		10,00%	63,06816		
	Total Indirectos			63,06816		
			TOTAL PARCIAL			
			693,74976			
	Factor de rendimiento			117,95		
	COSTO POR TMS			5,88		

4.9.2 Costo unitario de extracción del pique convencional

1. MANO DE OBRA DIRECTA						
Descripción	Factor de pago	Total por Guardia	Costo unit. Del recurso	Bono por producción	Costo real (soles)	
Maestro perforista 1	2,05	1 TAR	85	6		180,25
Ayudante perforista 1	2,05	1 TAR	70	4		147,5
Ayudante perforista 2	1,27	1 TAR	60	4		80,2
Servicios Auxiliares	2,05	0 TAR	70	4		0
		3 TAR				407,95
2. MANO DE OBRA INDIRECTA						
Descripción	Total por turno	Costo unit. Del recurso	Bono por producción	Costo real (soles)		
M.O. INDIRECTA SUPERVISION ECM. SER. DIV. - SOSTENIMIENTO	1 TURNO	7,56	0		7,56	
M.O. INDIRECTA SUPERVISION ECM. SER. DIV. - SOSTENIMIENTO-LOGISTICO	1 TURNO	0,83	0		0,83	
M.O. INDIRECTA SUPERVISION ECM. SER. DIV. - SOSTENIMIENTO-CHOFER	1 TURNO	1,72	0		1,72	
					10,11	
3. SUMINISTROS						
Descripción	Cantidad	Costo real (soles)				
LAMPA	2 PZA	1,28	2,56			
BARRETILLA	2 PZA	1,8	3,6			
PICO	3 PZA	1,05	3,1416			
OTROS (17% DEL TOTAL)						
			9,3016			
4. MOVILIDAD SERVICIOS						
Descripción	Numero de tareas	Costo unitario	Costo real (soles)			
CAMION DE SERVICIOS	3 TAR	3,1		9,3		
CAMIONETA DE SERVICIOS	3 TAR	1,62		4,86		
				14,16		
4. IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD MOD						
Descripción	Numero de tareas	Costo unitario	Costo real (soles)			
FACTOR DE EPP'S - FRENTE , TAJOS - SIN R.AGUA	3 TAR	5,1		15,3		
FACTOR DE EPP'S - FRENTE , TAJOS CON R.AGUA	0 TAR	0,98		0		
				15,3		
5. IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD MOI						
Descripción	Numero de turnos	Costo unitario	Costo real (soles)			
M.O. INDIRECTA SUPERVISION SER. DIV. - SOSTE. EPP	1 TURNO	0,24		0,24		
M.O. INDIRECTA SUPERVISION SER. DIV. - SOSTE. EPP-LOGISTICO	1 TURNO	0,06		0,06		
M.O. INDIRECTA SUPERVISION SER. DIV. - SOSTE. EPP-CHOFER	1 TURNO	0,1		0,1		
				0,4		
EXAMEN MEDICO ANUAL		1,31		3,93		
VIATICOS OBREROS		5,8		17,4		
ALIMENTACION INDIRECTA CONTRATA DIVERSOS - SOSTENIMIENTO		1,32		1,32		
ALIMENTACION INDIRECTA CONTRATA DIVERSOS - SOSTENIMIENTO-LOGISTICO		0,21		0,21		
ALIMENTACION INDIRECTA CONTRATA DIVERSOS - SOSTENIMIENTO-CHOFER		0,3		0,3		
ALIMENTACION (MANO DE OBRA DIRECTA)		83		83		
				106,16		
SUB TOTAL PARCIAL					563,3816	
	Contingencias		0,00%			
	Utilidad		10,00%		56,33816	
	Total Indirectos				56,33816	
TOTAL PARCIAL					619,71976	
	Factor de rendimiento				12,6	
	COSTO POR TMS				49,18	

Enseguida se muestra la distribución de costos para el pique inclinados 719 y el pique convencional.

Figura 54.
Distribución de costos del pique inclinado

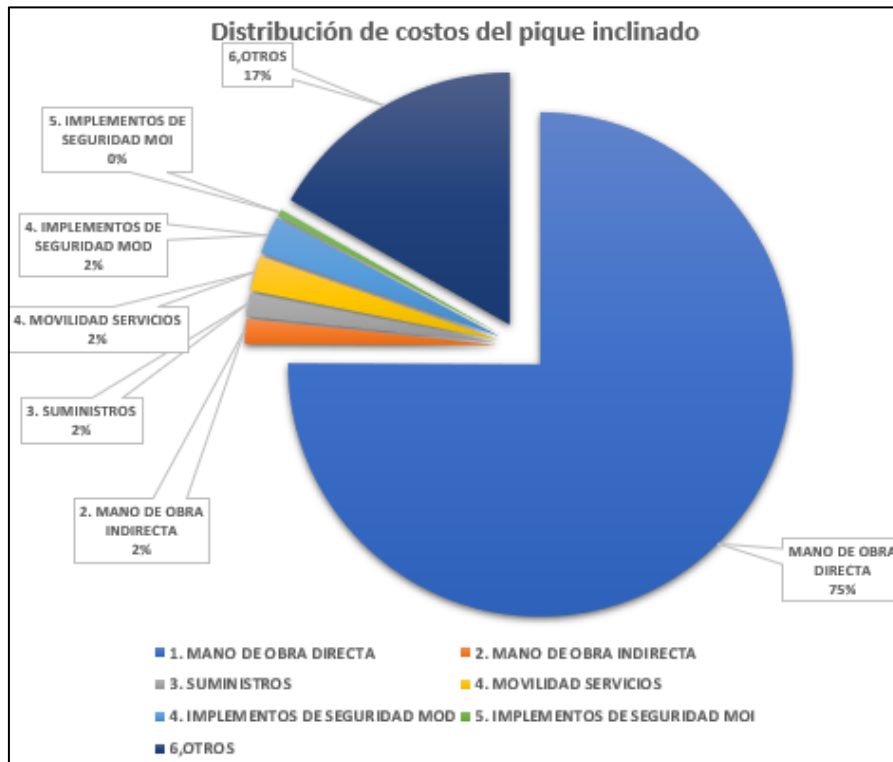
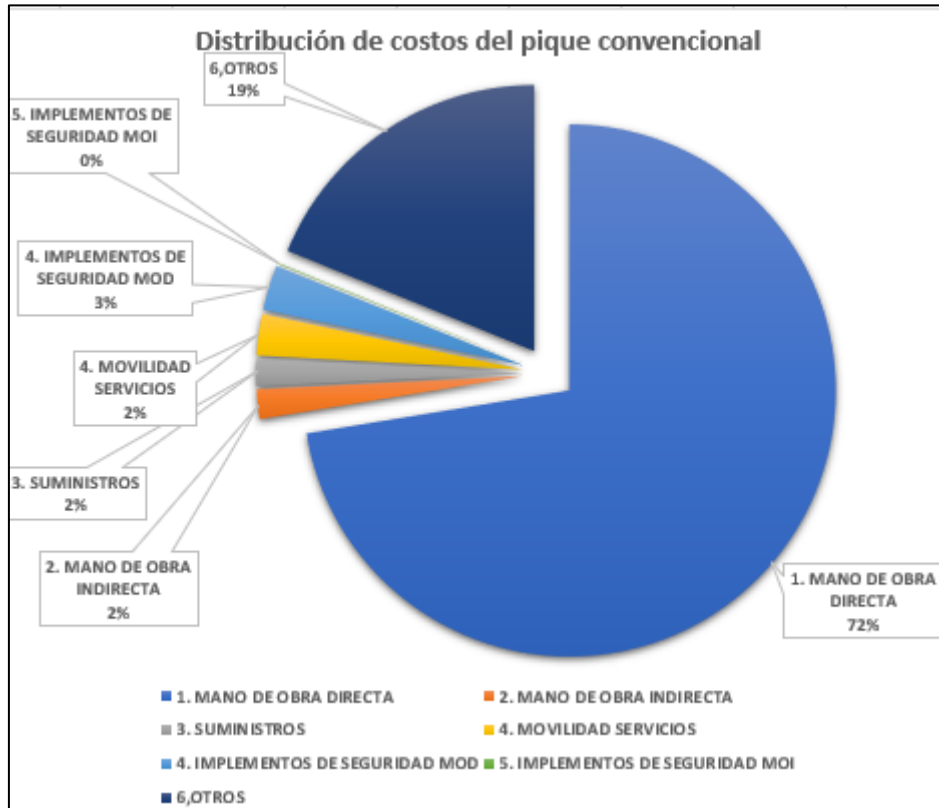


Figura 55.
Distribución de costos de pique convencional



4.10 Evaluación del sistema de izaje

El desarrollo y el análisis del sistema inclinado, se establecerá una comparación con los piques verticales convencionales utilizados en la unidad minera, los cuales presentan las siguientes particularidades:

Tabla 69.
Costos por metros de avance para pique convencional

PIQUE VERTICAL CONVENCIONAL		
Sección	2,4 x 1,2	m ²
Avance por disparo	1,0	m
Costo precio Unitario	1570	S/. / m

Nota: Realizado con datos calculados anteriormente

Tabla 70.**Costos por metros de avance para proyecto inclinado 719**

PIQUE INCLINADO 719		
Sección	2,4 x 2.1	m2
Avance por disparo	1,0	m
Costo precio Unitario	1806	S/. / m

Nota: Elaboración propia con datos calculados anteriormente

Tabla 71.**Comparación de costos de avance entre pique inclinado y pique convencional**

PIQUE INCLINADO 719 vs PIQUE CONVENCIONAL			
	INCLINADO	CONVENCIONAL	
Sección	2,4 x 2.1	2,4 x 1.2	m2
Avance por disparo	1,0	1,0	m
Costo precio Unitario	1802	1570	S/. / m

4.10.1 Costos de extracción de pique vertical vs Pique inclinado**Tabla 72.****Cuadro comparativo de costos de extracción entre pique convencional y proyecto inclinado 719**

	PIQUE VERTICAL CONVENCIONAL	NUEVO PIQUE INCLINADO	UNIDADES
Longitud de izaje	500	330	Metros
Tiempo por ciclo	50	37	Minutos
Producción por hora	2.4	12.3	Toneladas
Producción por ciclo	1	3.37	Toneladas
Producción por guardia	16.8	86.1	Toneladas
Precio Unitario	49.18	5.88	Soles/tonelada
Costo de extracción	836.64	506.27	Soles x guardia

Se observa que el rendimiento del nuevo pique inclinado es significativamente superior, ya que, al incrementar el tonelaje extraído, los costos se mantienen considerablemente por debajo de los asociados a los piques

tradicionales, permitiendo obtener hasta diez veces más material por un costo equivalente.

Figura 56.
Gráfico comparativo Producción por hora entre pique convencional y proyecto inclinado 719

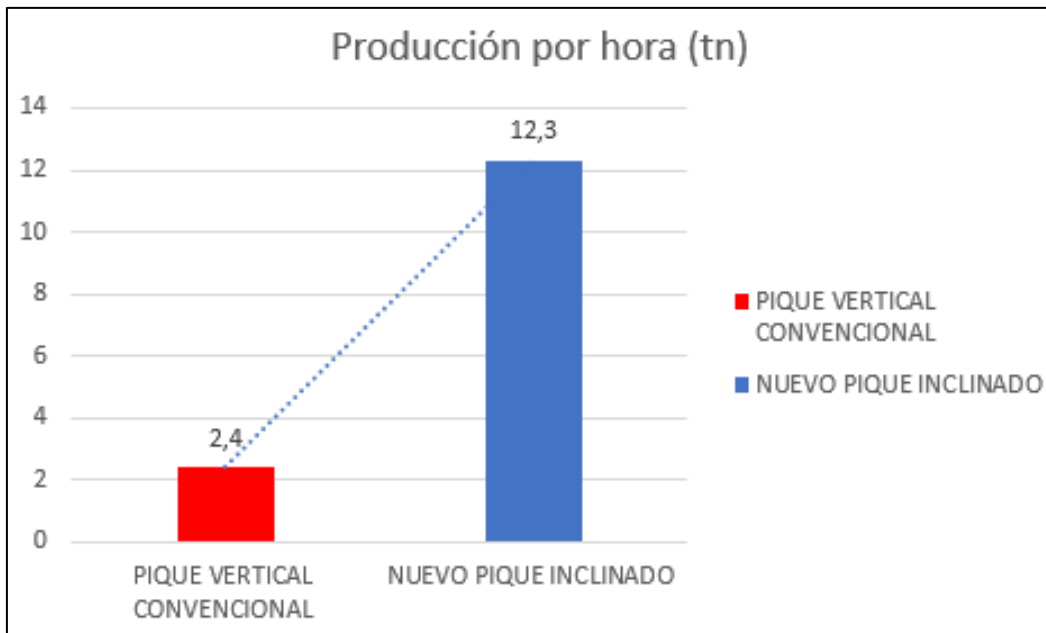


Figura 57.
Gráfico comparativo entre precios extracción de pique convencional y proyecto inclinado 719

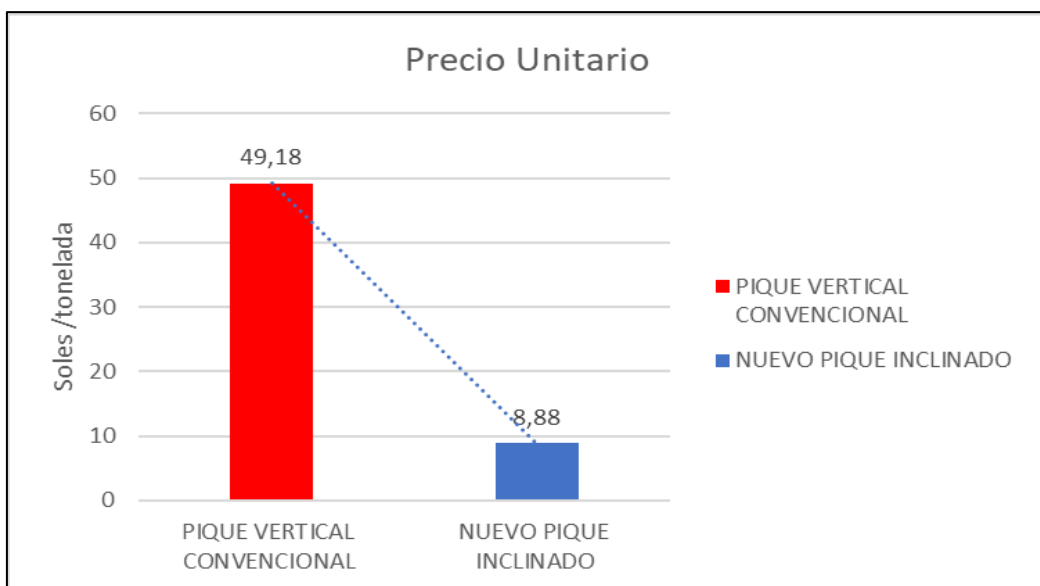
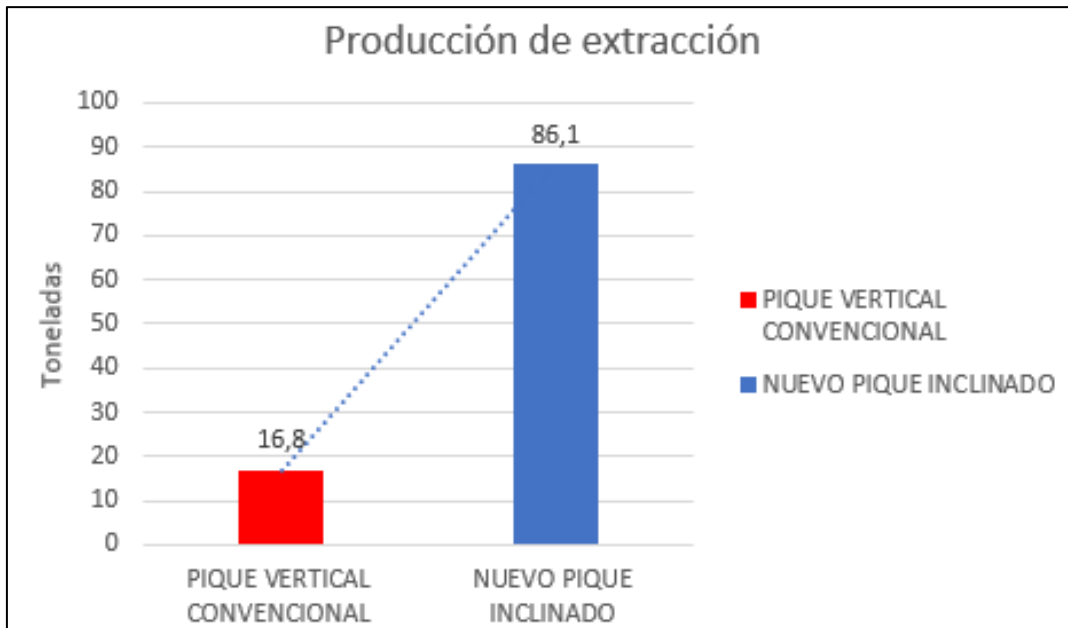


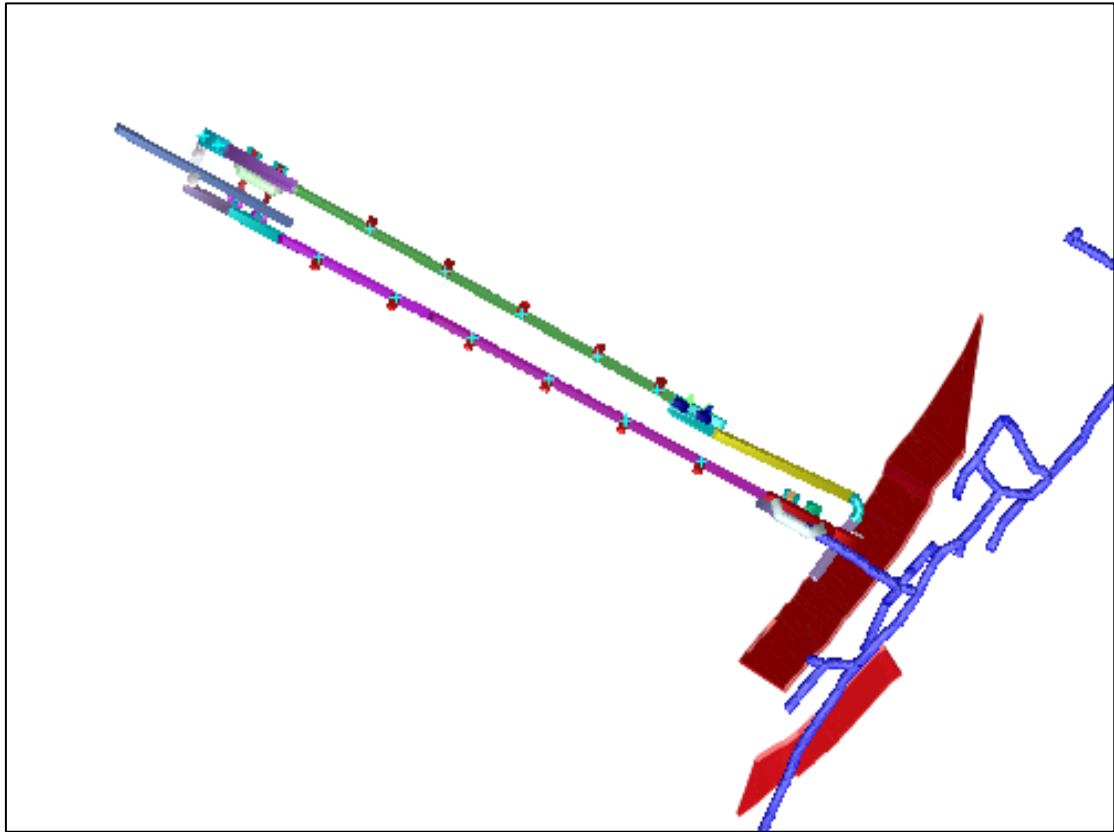
Figura 58.
Gráfico comparativo Producción por guardia entre pique convencional y proyecto inclinado 719



4.11 Diseño y simulación en software Mineplan

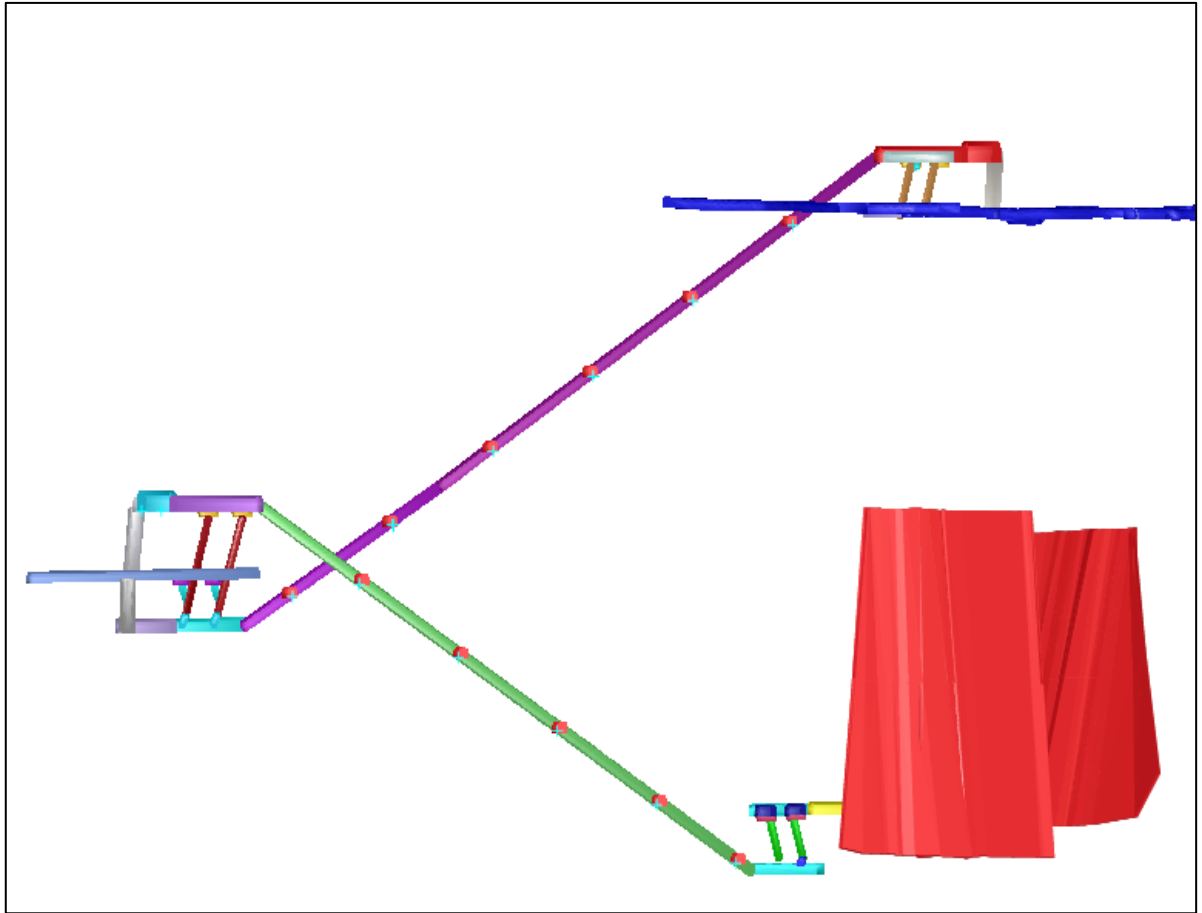
4.11.1 Vista en planta de pique inclinado

Figura 59.
Proyecto Inclinado 719 - Vista en planta

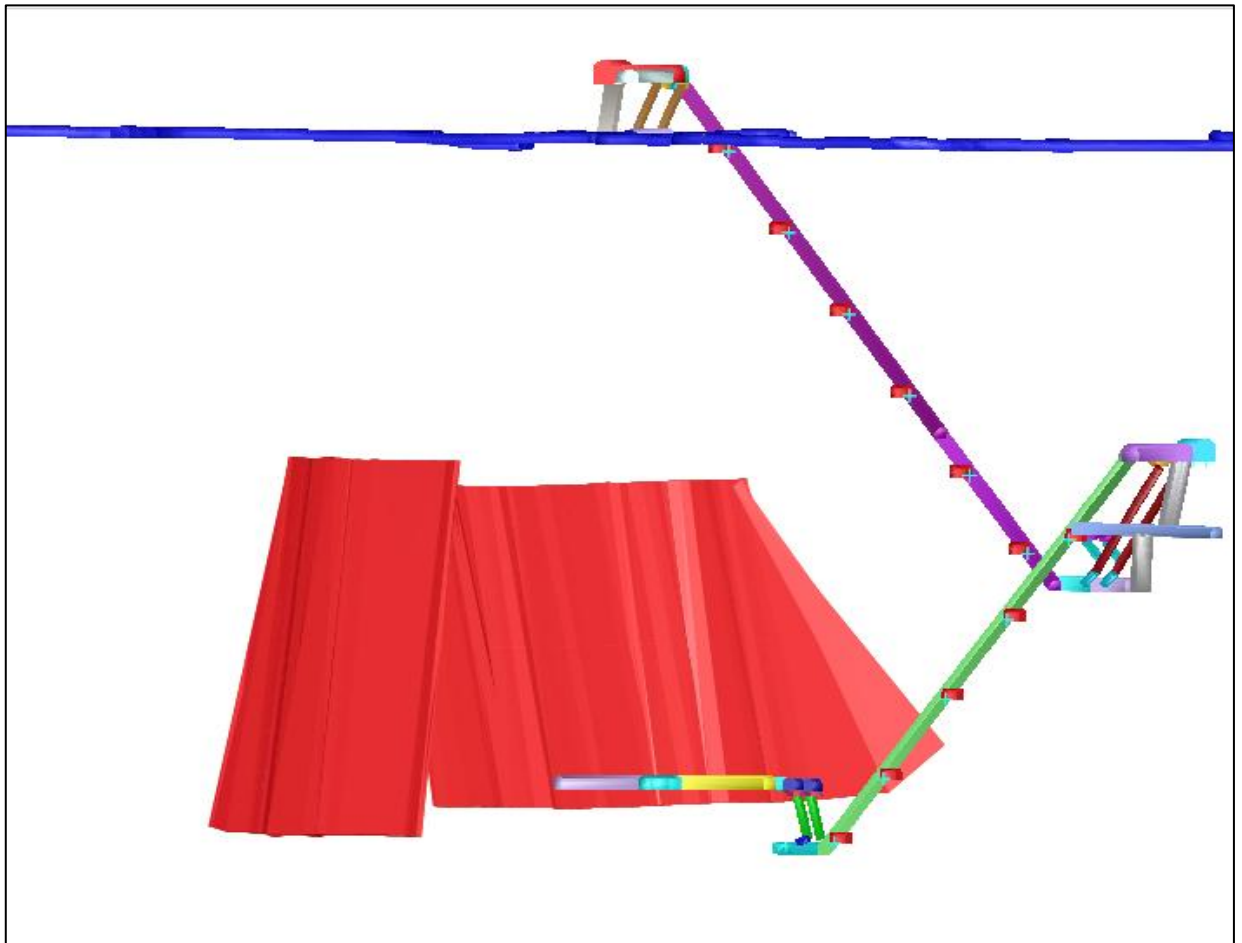


4.11.2 Vista en perfil de pique inclinado

4.12 Proyecto inclinado 719 - Vista en perfil



4.12.1 Vista transversal de pique inclinado



4.13 Prueba de Hipótesis

4.13.1 Hipótesis general

H_0 (Hipótesis nula):

El diseño y simulación del pique inclinado 719 no incrementa significativamente la producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024.

H_1 (Hipótesis alterna):

El diseño y simulación del pique inclinado 719 incrementa significativamente la producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024.

Debido a que la investigación se centra en evaluar el impacto del diseño y simulación del pique inclinado 719 sobre variables técnicas y económicas cuantificables (toneladas izadas, tiempos de ciclo, indicadores financieros), se aplica un contraste técnico-económico de hipótesis, sustentado en indicadores de rentabilidad y productividad minera. Este tipo de validación se basa en los criterios de aceptación económica utilizados en ingeniería de minas (Chambers & Golightly, 2019; Hartman & Mutmansky, 2020).

4.13.2 Criterios de aceptación

Se acepta la hipótesis alterna (H_1) si se cumplen los siguientes criterios técnicos y financieros:

Tabla 73.
Criterios de Hipótesis

Indicador	Criterio de aceptación	Resultado obtenido	Cumple
Valor Actual Neto (VAN)	$VAN > 0$	S/ 5,380,352.64	✓
Tasa Interna de Retorno (TIR)	$TIR > 15\%$ (tasa de descuento)	161%	✓
Relación Beneficio/Costo (B/C)	$B/C > 1$	5.68	✓
Periodo de Recuperación (PR)	$PR \leq 2$ años	1 año	✓

4.13.3 Análisis de resultados

Los resultados de la evaluación económica y técnica evidencian que:

El proyecto genera un VAN positivo de S/ 5.38 millones, lo que significa que los ingresos actualizados superan ampliamente los costos.

La TIR del 161% es más de 10 veces superior a la tasa de descuento del 15%, demostrando una alta rentabilidad del proyecto.

El índice B/C = 5.68 indica que por cada sol invertido se obtienen 5.68 soles de beneficio, mostrando una excelente eficiencia económica.

El periodo de recuperación de un año garantiza una rápida recuperación de la inversión y baja exposición al riesgo financiero.

En términos operativos, la simulación del pique inclinado permitió reducir los tiempos de ciclo del izaje, aumentar el tonelaje transportado y optimizar los recursos de energía y mantenimiento, evidenciando una mejora significativa en la eficiencia de producción.

4.13.4 Decisión estadístico-técnica

Dado que todos los indicadores superan ampliamente los valores mínimos de aceptación técnica y económica:

$$VAN > 0, TIR > 15\%, B/C > 1, PR < 2 \text{ a } "n" \sim "os"$$

se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1).

Por tanto, se concluye que el diseño y simulación del pique inclinado 719 incrementa significativamente la producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024.

4.13.5 Sustento teórico

La validación obtenida se sustenta en los principios de evaluación técnico-económica minera (Hartman & Mutmansky, *Introductory Mining Engineering*, 2020), donde los indicadores de rentabilidad constituyen herramientas de decisión para la implementación de nuevos sistemas de transporte subterráneo. Asimismo, la aplicación de simulaciones geomecánicas y de flujo de materiales (Chambers & Golightly, 2019) permite confirmar la factibilidad técnica del diseño propuesto.

Los resultados confirman que la implementación del pique inclinado 719 constituye una alternativa técnicamente factible y económicamente rentable para incrementar la producción de izaje, reducir costos operativos y mejorar la eficiencia general del sistema de transporte en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca.

CONCLUSIONES

1 - El diseño y simulación del pique inclinado 719 permitió demostrar que una adecuada planificación geométrica, geomecánica y económica del sistema de izaje contribuye significativamente al incremento de la producción minera de un rendimiento de 16.8 a 86.1 Ton/guardia. La propuesta técnica optimiza el transporte de mineral y desmonte, reduce los tiempos de ciclo y mejora la eficiencia operativa del proceso extractivo.

2 - El análisis y caracterización del macizo rocoso del sector 719 permitió determinar que la zona presenta una competencia estructural favorable para la excavación de un pique inclinado, siempre que se apliquen sistemas de sostenimiento mixto (pernos Split Set, malla electrosoldada), reduciendo los riesgos de inestabilidad y aportó datos precisos para el diseño estructural del pique.

3 - La determinación de los parámetros de diseño —como longitud, ángulo de inclinación, sección transversal y capacidad de izaje— evidenció que la configuración óptima del pique inclinado 719 mejora el flujo de mineral hacia las zonas de acopio, aumentando la productividad del izaje debido a la reducción de tiempos de izaje en un 1 ton/ciclo a 3.37 Ton/ciclo. La simulación permitió validar el desempeño del sistema frente a distintos escenarios operativos, garantizando seguridad y eficiencia.

4 - El análisis técnico-económico confirmó la viabilidad financiera del proyecto, al evidenciar que la inversión inicial del pique inclinado se recupera en el corto plazo mediante el aumento de la capacidad de izaje y la reducción de costos operativos por tonelada de extracción de 49.18 \$/TMS se redujo 5.88 a \$/TMS. Los indicadores económicos VAN de S/. 5.38 millones, TIR=161% superior al 15% que es altamente rentable y relación B/C=5.68, resultaron

RECOMENDACIONES

1 - Se recomienda implementar el diseño del pique inclinado 719 siguiendo las especificaciones técnicas obtenidas en la simulación, priorizando un control geotécnico continuo y la optimización del sistema de izaje para mantener altos niveles de productividad y seguridad minera.

2 - Implementar un programa de monitoreo geomecánico permanente en el pique inclinado para detectar posibles deformaciones o inestabilidades, empleando instrumentos como extensómetros, celdas de carga y mapeo geológico periódico. Este control garantizará la integridad estructural durante la operación.

3 - Revisar periódicamente los parámetros operativos del sistema de izaje (velocidad de transporte, capacidad de tolvas, frecuencia de ciclo) para ajustarlos a las variaciones productivas del yacimiento. Se sugiere aplicar herramientas de simulación digital para mantener un diseño dinámico y adaptable.

4 - Realizar evaluaciones económicas periódicas del sistema de izaje, considerando variaciones en los costos energéticos, mantenimiento y productividad. Esto permitirá mantener la rentabilidad del proyecto y facilitar la toma de decisiones estratégicas a nivel de planeamiento minero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcocer Tapara, D. E. (2024). *Evaluación de la extracción utilizando el inclinado (-) 300S en la Unidad Minera Aurea–2024* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/11485>
- Álvarez-Risco, A. (2020). *Clasificación de las investigaciones*.
- Arias Gonzáles, J. L., & Covinos Gallardo, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. *Enfoques Consulting EIRL, 1*(1), 66–78. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf
- Aquilla Terán, C. F., Mejía Rengel, M. E., & Navarro Morocho, R. A. (2021). *Diseño y prefactibilidad de un pique en la concesión minera San Sebastián II, Camilo Ponce Enríquez – Azuay* [Tesis de licenciatura, Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10525>
- Andrade Haro, C. D. (2014). *Diseño de excavación para profundizar el “Pique de Fierro” ubicado en el área “Ciruelo Unificado” operado por la Compañía Minesadco S.A.* [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. <https://core.ac.uk/download/pdf/71902493.pdf>
- Borísov, S., Klókov, M., & Gornovói, B. (1976). *Labores mineras*. Editorial Mir.
- Castillo, R., & Vásquez, T. (2021). Improving productivity and safety in small-scale Peruvian mining. *Peruvian Journal of Mining Engineering, 34*(1), 15–27.
- Cuadros Salcedo, M. A. (2018). *Estudio técnico económico de la profundización mediante el pique inclinado 370 niveles 4370 al 4270 Veta Juanita–Mina Casapalca* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería].
- Chávez, R. (2011). *Extracción de mineral por izaje en la Mina San Vicente* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano].
- De la Cruz Carrasco, E. (2000). Seguridad en el manejo y operación de piques. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas, 3*(5), 37–46.
- Gómez, A., & Pérez, L. (2020). Technological advancements and challenges in small-scale mining in Latin America. *Latin American Mineral Review, 22*(2), 68–82.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (7.ª ed.). McGraw Hill Education. <https://www.uncuyo.edu.ar/ices/libro-metodologia-de-la-investigacion-7ta-edicion>
- Horna, A. A. V. (2012). *Desde la idea hasta la sustentación: 7 pasos para una tesis exitosa*. Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias Administrativas y Recursos Humanos, Universidad de San Martín de Porres.
- Huaracha Concha, W. R. (2021). *Construcción del pique inclinado Mercedes–NV 480 para mejorar la producción en la Unidad Minera San Juan de Arequipa* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/5687>
- Hurtado, S. (2006). *Marco metodológico*. <http://virtual.urbe.edu/tesispub/0093052/cap03.pdf>

- Macdonald, J., & Rowlands, H. (2019). The global challenge of efficient mineral hoisting in small-scale mining. **Journal of Mining Engineering*, 45*(3), 240–256.
- Mejía Rengel, M. E., & Navarro Morocho, R. A. (2021). **Diseño y prefactibilidad de un pique en la concesión minera San Sebastián II, Camilo Ponce Enríquez–Azuay** [Tesis de licenciatura, Universidad del Azuay].
- Palomino Rojas, F. A. (2023). **Optimización del sistema de izaje del Inclinado 420 para el incremento de la capacidad de extracción principal de la Unidad Minera Esperanza–2022** [Tesis de grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/346>
- Pinto Apaza, J. (2024). **Comunicación del pique inclinado Esperanza al NV. 734, para incrementar la extracción de mineral; U.O. Ores–San Juan de Chorunga–Arequipa** [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/8594>
- Rengifo Arakaki, R. A., & Crisóstomo Calderón, D. A. (2022). **Propuesta de planeamiento y diseño de un pique inclinado como sistema de extracción de una mina convencional al norte del Perú** [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/23764>
- Ruíz Olabuenaga, J. I. (2012). **Teoría y práctica de la investigación cualitativa**.
- Salinas Zamora, R. X. (2018). **Diseño de un pique minero para la mina Goldmins** [Tesis de grado, Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8116>
- Tenecota, C., Guzmán Arias, W. A., & Alexander, X. (2022). **Diseño de excavación en la mina “El Pique”, mediante profundización inclinada, ubicada en el barrio El Tablón, cantón Portovelo, operado por la compañía OROCONCENT S.A.** [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17546>
- Teodoro, N., & Nieto, E. (2018). **Tipos de investigación**. <http://repositorio.usdg.edu.pe/bitstream/USDG/34/1/Tipos-de-Investigacion.pdf>
- Tuero Calcina, J. C. (2019). **Diseño de pique inclinado y planeamiento del sistema de extracción para incrementar la producción de mineral en la Unidad Minera Cuatro Horas MACDESA S.A.** [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano]. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/12630>
- Valenzuela Sánchez, N., Buentello Martínez, C., Gómez, L., & Villareal Sánchez, V. (2019). La atención al cliente, el servicio, el producto y el precio como variables determinantes de la satisfacción del cliente en una pyme de servicios. **Revista GEON*, 6*(2), 18–24. <https://doi.org/10.22579/23463910.159>
- Zhao, D., et al. (2023). Research on the design and construction of inclined shafts. **Sustainability*, 15*(13), 9963. <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/13/9963>

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Lilly control:

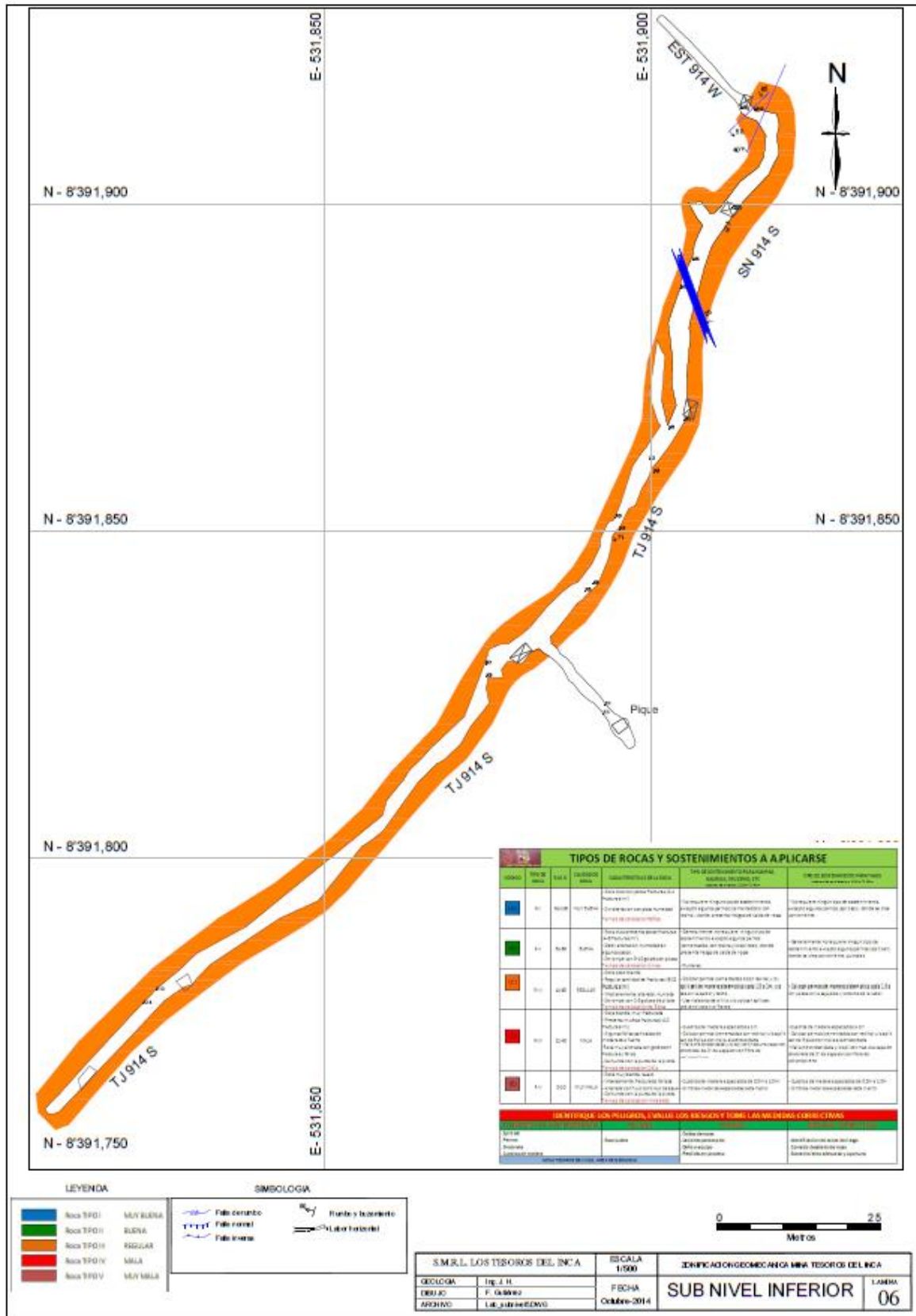
Dispositivo de seguridad utilizado en los sistemas de izaje vertical, especialmente en piques o pozos mineros. Su función principal es detectar variaciones bruscas de velocidad durante el izaje y activar mecanismos de emergencia para evitar accidentes.

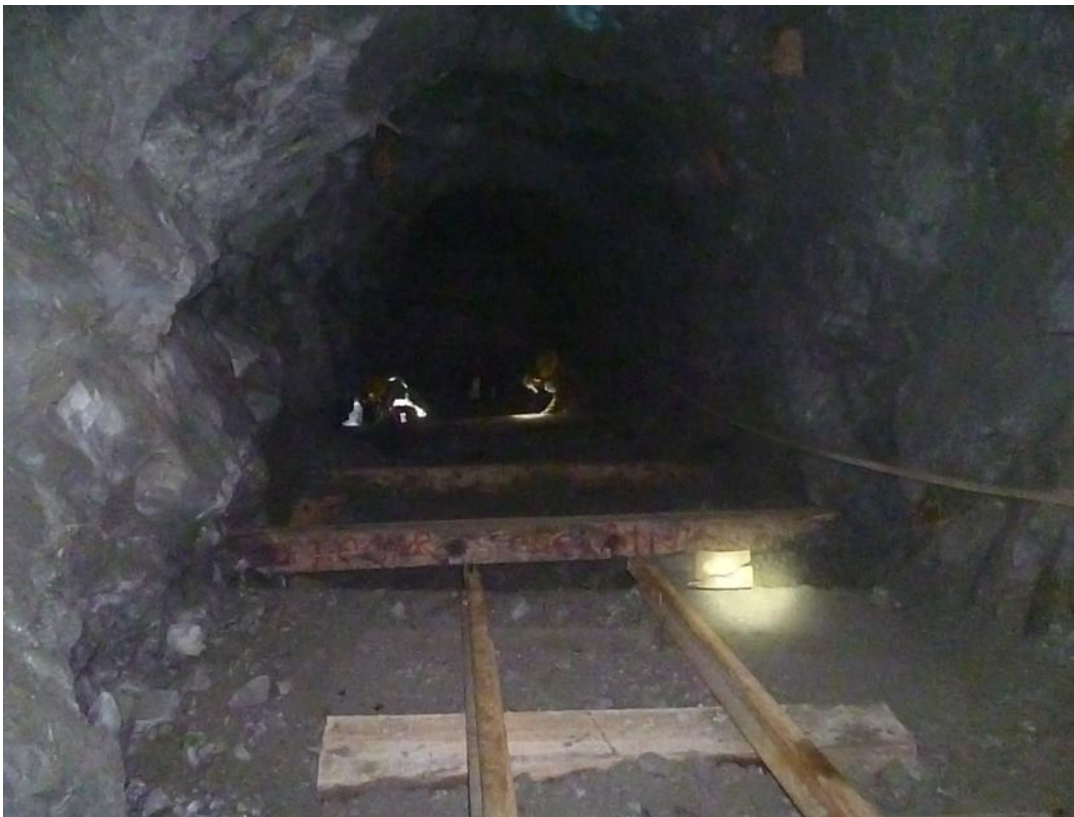
ANEXOS

Matriz: “Diseño y simulación del pique inclinado 719 para el incremento de la producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN
<p>PROBLEMA GENERAL ¿Cómo influye el diseño y simulación del pique inclinado 719 en el incremento de la producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS ¿Como los parámetros geomecánicos del pique inclinado 719 influirán en el incremento de producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024?</p> <p>¿En qué medida los parámetros de diseño del pique inclinado 719, influirá en el incremento de producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024?</p> <p>¿Cómo será la factibilidad económica</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Diseñar y simular el pique inclinado 719 para incrementar la producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS Evaluar los parámetros geomecánicos del pique inclinado 719 que influirán en el incremento de producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024</p> <p>Determinar los parámetros de diseño del pique inclinado 719, que influirá en el incremento de producción de izaje</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL El Diseño y simulación del pique inclinado 719 incrementa la producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS Los parámetros geomecánicos, influyen en el incremento de producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024</p> <p>El diseño del pique inclinado 719, influye en el incremento de producción de izaje en la Unidad</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE X: Diseño y simulación del pique inclinado 719. X1: Parámetros de diseño del pique inclinado 719 X2: Parámetros geomecánicas X3: Evaluación Económica de la extracción</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE Y: Incremento de producción de izaje Dimensiones Y1: Eficiencia operativa Y2: Capacidad de extracción de</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN Aplicada</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN Aplicada correlacional</p> <p>DISEÑO No experimental</p> <p>POBLACIÓN La población está compuesta por las labores verticales e inclinados de la Unidad Minera Los Tesoros del Inca.</p> <p>MUESTRA Pique inclinado 719</p> <p>TÉCNICA Observacional Información geológica Medición</p> <p>INSTRUMENTO Planos de mina</p>

<p>del diseño del pique inclinado 719 para mejorar el incremento de producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024?</p>	<p>en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024</p> <p>Realizar la evaluación de la factibilidad económica del diseño del pique inclinado 719 para mejorar el incremento de producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024</p>	<p>Minera Los Tesoros del Inca 2024</p> <p>La evaluación de la factibilidad económica del diseño del pique inclinado 719, influye en el incremento de producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024</p>	<p>mineral y desmonte Tm/año</p>	<p>Planos geotécnicos Registros</p>
--	--	---	----------------------------------	-------------------------------------









UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 25-2026-FIMGC

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, en la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **Resolución Decanal No 130-2026-FIMGC-D**, a los **veinticinco días del mes de mayo de 2026**, siendo las **4:22 p.m.**, reunidos en el **Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas**, bajo la presidencia del **MSc. José Ernesto ESTRADA CARDENAS**, y los miembros: **MSc. Ing. Carlos Auberto PRADO PRADO** y **Ing. Kelvis BERROCAL ARGUMEDO**, actuando como secretario docente el **Ing. Saul Walter RETAMOZO FERNANDEZ**, para proceder a la sustentación de tesis para optar el **Título Profesional de Ingeniero de Minas**, del Bachiller en Ciencias de la Ingeniería de Minas:

AQUILES TORRES LICAPA

Quien presentó la tesis denominada:

Diseño y simulación del pique inclinado 719 para el incremento de la producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024

Los señores miembros del jurado luego de expuesta la tesis y absueltas las preguntas, deliberaron y declararon:

Aprobado con 17 (diecisiete)

Siendo las **5:45 p.m.** del día **25 de mayo del 2026**, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad de lo actuado los miembros del jurado firmamos al pie del presente.

MSc. José Ernesto ESTRADA CARDENAS
Presidente

MSc. Ing. Carlos Auberto PRADO PRADO
Miembro

Ing. Kelvis BERROCAL ARGUMEDO
Miembro - Asesor

Ing. Saul Walter RETAMOZO FERNANDEZ
Secretario docente de la FIMGC



UNSCH

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El que suscribe; en mi calidad de Instructor de Originalidad de Trabajos de Investigación y encargado de certificar la originalidad de la tesis abajo indicado y por lo tanto responsable verificador de originalidad de trabajo de tesis de pregrado en primera instancia, en cumplimiento a la Resolución de Consejo Universitario N°039-2021-UNSCH-CU, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación UNSCH, deja constancia que:

- Apellidos y Nombres del Bach. : TORRES LICAPA, Aquiles
- Escuela Profesional : Ingeniería de Minas
- Título de la Tesis : Diseño y simulación del pique inclinado 719 para el incremento de la producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024
- Evaluación de la originalidad : 24% de similitud

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, **es procedente la constancia de originalidad** para los fines que crea conveniente.

Ayacucho, 30 de junio de 2026

.....
MBA Ing° Leonil Fernando Quispe Aronés
Instructor de Originalidad de Trabajos de Investigación

Diseño y simulación del pique inclinado 719 para el incremento de la producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024

por Aquiles TORRES LICAPA

Fecha de entrega: 30-jun-2026 05:55p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2991916648

Nombre del archivo: Tesis_Aquiles_TORRES_LICAPA.pdf (5.43M)

Total de palabras: 34116

Total de caracteres: 182934

Diseño y simulación del pique inclinado 719 para el incremento de la producción de izaje en la Unidad Minera Los Tesoros del Inca 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUD

FUENTES PRIMARIAS

1 repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

2 repositorio.unsa.edu.pe

Fuente de Internet

3 Submitted to unsaac

Trabajo del estudiante

4 repositorio.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

5 repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

6 repositorio.unsaac.edu.pe

Fuente de Internet

7 repositorio.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

8 hdl.handle.net

Fuente de Internet

9 Submitted to Universidad Católica de Santa María

Trabajo del estudiante

10 pdfcoffee.com

Fuente de Internet

11 repositorio.unh.edu.pe

Fuente de Internet

12 Submitted to Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Trabajo del estudiante

13 repositorio.unamba.edu.pe

Fuente de Internet

14 repositorio.undac.edu.pe

Fuente de Internet

Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

15

Trabajo del estudiante

16

repositorioacademico.upc.edu.pe

Fuente de Internet

17

www.dspace.uce.edu.ec

Fuente de Internet

18

repositorio.unasam.edu.pe

Fuente de Internet

19

Submitted to Universidad Continental

Trabajo del estudiante

20

Submitted to Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac

Trabajo del estudiante

21

Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru

Trabajo del estudiante

22

Submitted to Universidad Catolica de Trujillo

Trabajo del estudiante

23

Submitted to uncedu

Trabajo del estudiante

24

www2.ufpel.edu.br

Fuente de Internet

25

Submitted to Universidad Tecnologica del Peru

Trabajo del estudiante

26

es.slideshare.net

Fuente de Internet

27

www.scribd.com

Fuente de Internet

28

qdoc.tips

Fuente de Internet

29

Submitted to UC - Presencial

Trabajo del estudiante

30

vsip.info

Fuente de Internet

31

documents.mx

Fuente de Internet

32

idoc.pub

Fuente de Internet

33 repositorio.unjfsc.edu.pe
Fuente de Internet

34 alicia.concytec.gob.pe
Fuente de Internet

35 dspace.ueb.edu.ec
Fuente de Internet

36 repositorio.uwiener.edu.pe
Fuente de Internet

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo